

WILSON RICARDO WEINAND

AJUSTAMENTO DE UMA TRIANGULAÇÃO: VARIAÇÃO DE
COORDENADAS E CORRELATOS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências pela Universidade Federal do Paraná.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

1 9 8 2

AJUSTAMENTO DE UMA TRIANGULAÇÃO: VARIAÇÃO DE
COORDENADAS E CORRELATOS

DISSERTAÇÃO

Apresentada ao Curso de Pós-Graduação em
Ciências Geodésicas para obtenção do Grau
de Mestre em Ciências pela Universidade
Federal do Paraná

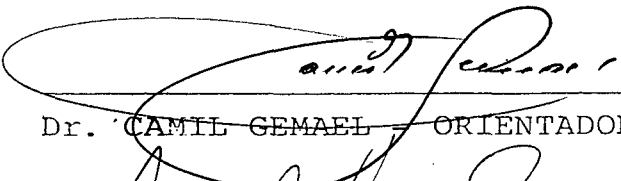
por

WILSON RICARDO WEINAND, Lic. em Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

1 9 8 2

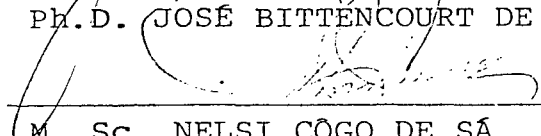
BANCA EXAMINADORA:



Dr. CAMIL GEMAEI - ORIENTADOR



PH.D. JOSÉ BITTENCOURT DE ANDRADE



M. Sc. NELSI CÔGO DE SÁ

Aos meus pais José e Etelvina,
à minha esposa Sueli, e ao meu
filho Ricardo Marçel

AGRADECIMENTOS

Externamos nossos agradecimentos às pessoas e instituições abaixo relacionadas, por suas contribuições no desenvolvimento deste trabalho:

Camil Gemael, Dr.;

Ernesto Santino Crivelli, Dr.;

CAPES;

UEM;

Aldeido Antão dos Santos, Eng.Cart.;

Roseli Becker Saraiva, Secretária;

Irineu Hibler, M. Sc.;

Romualdo Wandresen, M. Sc.;

Nivon de Oliveira Justos, M. Sc.;

e aos que nos auxiliaram indiretamente.

SINOPSE

Este trabalho consiste no ajustamento de um trecho de uma cadeia de triangulação, pelos métodos dos correlatos e de variação de coordenadas; realizar uma comparação dos mesmos quanto às dificuldades de trabalho; realizar, ainda, o ajustamento pelo método de variação de coordenadas através de processo iterativo, utilizando parâmetros aproximados extraídos de uma carta geográfica.

SYNOPSIS

This work consists on the adjustment of a net of triangulation through the methods of correlates and coordinate variation . A comparison between the above mentioned methods regarding to computations difficulties is presented. Further, an iterative process for the method of variation of coordinates is presented. The approximate values of the parameters were taken from a geographic map.

SUMÁRIO

	Página
Título.....	ii
Dedicatória.....	iii
Agradecimentos.....	iv
Sinopse.....	v
Synopsis.....	v
Sumário.....	vi
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO.....	01
CAPÍTULO II	
AJUSTAMENTO PELO MÉTODO DOS CORRELATOS	
2.1 Introdução.....	03
2.2 Formulário.....	04
2.2.1 Fórmulas Iterativas.....	05
2.3 Equações de condição.....	06
2.3.1 Equações de condição de ângulos.....	06
2.3.1.1 Número de equações de ângulos.....	07
2.3.1.2 Formação das equações de ângulos.....	07
2.3.1.2.1 Cálculo preliminar dos triângulos.....	09
2.3.1.2.2 Cálculo dos excessos esféricos.....	10
2.3.1.2.3 Cálculo dos erros de fechamento.....	11
2.3.1.3 Equações de condição de ângulos transfor- das.....	12

		Página
2.3.2	Equação de condição de lado	13
2.3.2.1	Número de equações de lado.....	13
2.3.2.2	Formação das equações de lado.....	13
2.3.2.3	Equação de condição de lado transformadas...	15
2.3.3	Equação de condição de comprimento.....	16
2.3.3.1	Formação da equação de comprimento.....	16
2.3.3.2	Equação de condição transformada.....	16
2.3.4	Equação de condição de azimuth.....	18
2.3.4.1	Formação da equação de azimuth.....	18
2.4	Matriz B.....	19
2.5	Vetor W.....	23
2.6	Cálculo dos resíduos (v) dos valores observa- dos (L_p).....	24
2.7	Valores ajustados das direções.....	25
2.8	Cálculo do fator variância ($\hat{\sigma}_0^2$) e da matriz variância-covariância dos valores observados ajustados (Σ_{L_a}).....	27
2.8.1	Desvios-padrão dos valores observados ajusta- dos (σ).....	28
2.9	Cálculo definitivo dos triângulos.....	29
2.10	Transporte definitivo de coordenadas.....	29
2.11	Comentários.....	30

CAPÍTULO III

AJUSTAMENTO PELO MÉTODO DE VARIAÇÃO DE COORDE NADAS

	Página
3.1	Introdução..... 31
3.2	Formulário..... 31
3.3	Equações de observação..... 34
3.3.1	Equações de observação relativas a direção. 35
3.3.1.1	Número de equações de observação e incôgnitas..... 36
3.3.1.2	Formação das equações de observação..... 36
3.3.2	Vetor X_0 (valores aproximados dos parâmetros)..... 40
3.3.3	Cálculo dos azimutes (α_{ij}^C) e distâncias (s_{ij}) - (cadeia calculada)..... 40
3.3.4	Vetor L..... 43
3.3.4.1	Cálculo da constante de orientação (Z_i).... 43
3.3.4.2	Cálculo do azimuth observado (α_{ij}^0)..... 43
3.3.4.3	Cálculo do vetor L..... 44
3.3.5	Matriz A..... 46
3.3.6	Cálculo do vetor das correções aos valores aproximados dos parâmetros (X)..... 50
3.3.7	Cálculo da variância a posteriori ($\hat{\sigma}_0^2$), da matriz variância-covariância (Σ_{X_a})..... 52
3.3.7.1	Cálculo dos desvios-padrão dos parâmetros.. 53
3.3.8	Valores ajustados das coordenadas..... 54
3.4	Experiências com as coordenadas provisórias..... 54
3.4.1	Primeira experiência..... 55
3.4.1.a	Valores aproximados dos parâmetros (X_0).... 55
3.4.1.b	Correções para cada iteração..... 56

		Página
3.4.2	Segunda experiência.....	57
3.4.2.a	Valores aproximados dos parâmetros.....	57
3.4.2.b	Correções para cada iteração.....	57
3.4.2.c	Valores ajustados das coordenadas.....	58
3.5	Comentários.....	59

CAPÍTULO IV

CONCLUSÃO.....	61
----------------	----

APÊNDICE A

LISTA DE DIREÇÕES.....	64
------------------------	----

APÊNDICE B

CÁLCULO PRELIMINAR DOS TRIÂNGULOS.....	67
--	----

APÊNDICE C

CÁLCULO PROVISÓRIO DOS TRIÂNGULOS PARA O TRANSPORTE DE COORDENADAS.....	73
--	----

APÊNDICE D

PROGRAMAS EM LINGUAGEM FORTRAN.....	76
-------------------------------------	----

APÊNDICE E

CÁLCULO DEFINITIVO DOS TRIÂNGULOS.....	97
--	----

NOTAS DE REFERÊNCIA.....	103
--------------------------	-----

	Página
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O ajustamento de uma cadeia de triangulação consiste em se determinar as correções a serem incorporadas aos elementos observados (ou a quantidades que deles se deduzem diretamente), de forma a se obter uma cadeia geométrica.

Neste trabalho realizamos o ajustamento de um trecho de uma cadeia de triangulação (fig. 2.2.1), implantada pelo IBGE no Estado de Goiás, pelos métodos dos correlatos e de variação de coordenadas. É importante salientar, que no método dos correlatos tomamos como incógnitas as correções a serem incorporadas aos valores observados (direções), e o cálculo definitivo das posições geodésicas tem lugar, após a resolução dos triângulos com os valores observados ajustados. No método de variação de coordenadas, as incógnitas auxiliares são as correções a serem levadas aos parâmetros aproximados (coordenadas provisórias), ou seja, obtemos diretamente do ajustamento as correções que transformam as coordenadas provisórias em definitivas. Os objetivos deste trabalho podem ser sintetizados como segue:

- a) ajustamento pelo método dos correlatos do trecho da cadeia de triangulação, com a formação de equações de condições relativas a ângulos, lados, comprimento e azimuth.
- b) ajustamento do trecho da cadeia de triangulação pelo método de variação de coordenadas, formando equações de observação para direções e azimuth de Laplace.
- c) efetuar a comparação dos dois métodos, com a finalidade de se

avaliar as vantagens do emprego de cada método em termos de cálculos preliminares, tempo de processamento no computador, formação das equações de condição e de observação, obtenção das posições geodésicas definitivas, etc.

- d) realizar o ajustamento pelo método de variações de coordenadas iterativamente, utilizando como coordenadas provisórias, as obtidas do transporte de coordenadas, as extraídas de uma carta de escala 1:1.000.000 e as estimadas.

CAPÍTULO II

AJUSTAMENTO PELO MÉTODO DOS CORRELATOS

2.1. Introdução

Neste capítulo, iremos realizar o ajustamento pelo método dos correlatos, de um trecho da cadeia de triangulação implantada pelo IBGE no estado de Goiás (fig. 2.1.-1). Além da obtenção das coordenadas dos vértices envolvidos, calcularemos também o fator variância a posteriori e a matriz variância - covariância dos valores observados ajustados.

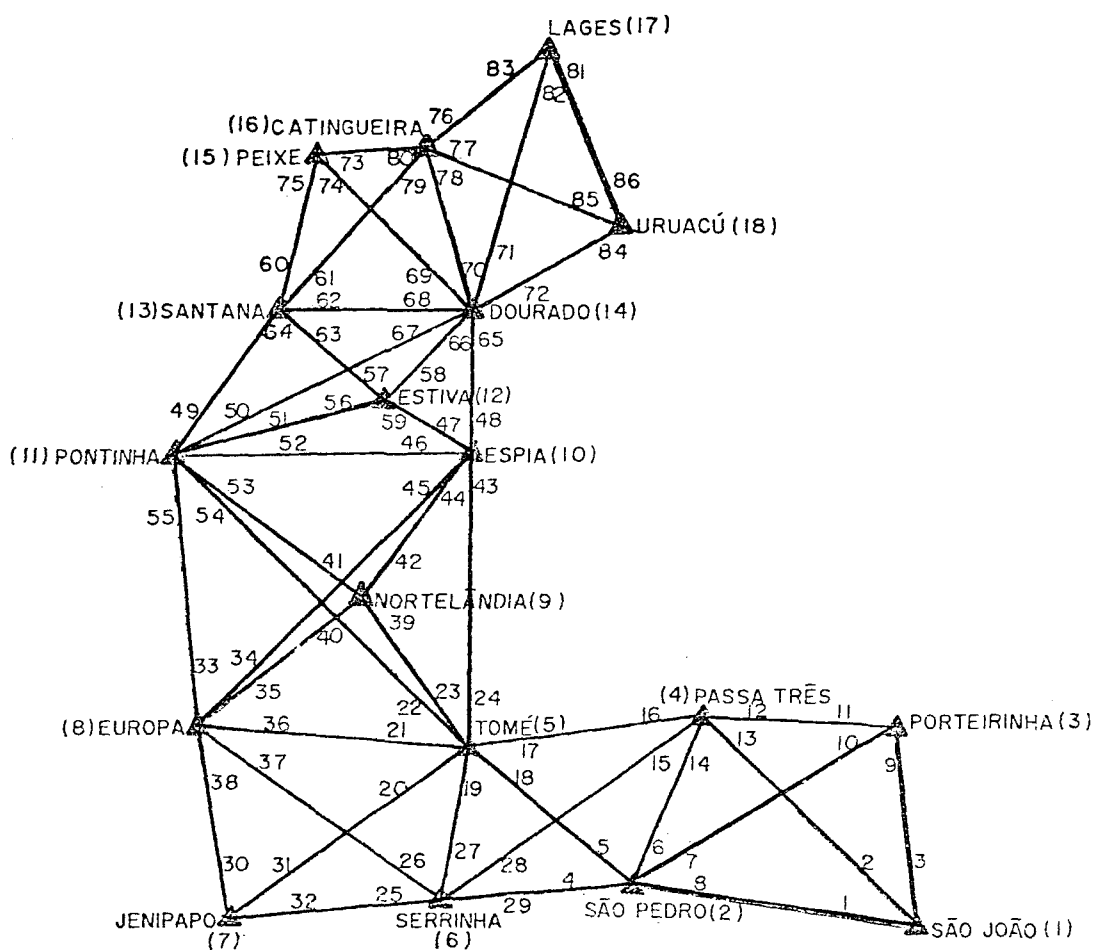


Fig. 2.1.-1

2.2. Formulário

As fórmulas aqui apresentadas em notação matricial provêm de [01]:

O modelo matemático é uma função dos valores observados ajustados na forma:

$$\text{EQUAÇÕES DE CONDIÇÃO: } F(L_a) = 0 \quad (2.2.-1)$$

L_a : Vetor dos valores observados ajustados

$$L_a = L_b + V \quad (2.2.-2)$$

L_b : Vetor dos valores observados

V : Vetor das correções aos valores observados (resíduos)

O desenvolvimento de Taylor conduz ao modelo linearizado:

EQUAÇÕES DE CONDIÇÃO TRANSFORMADAS:

$$r_n^B V + r_1^W = 0 \quad (2.2.-3)$$

$$r_n^B = -\frac{\partial F}{\partial L_a} \Big|_{L_b} \quad (2.2.-4)$$

$r_1^W = F(L_b)$: Vetor dos erros de fechamento

r : número de equações de condição

n : número de observações

MATRIZ DOS PESOS:

$$P_n = \sigma_o^2 \Sigma_{L_b}^{-1} \quad (2.2.-5)$$

σ_o^2 : variância da unidade de peso

Σ_{L_b} : matriz variância - covariância dos valores observados

EQUAÇÕES NORMAIS:

$$r_r^M r_{r_1}^K + r_{r_1}^W = 0 \quad (2.2.-6)$$

$$r_r^M = B P^{-1} B^T \quad (2.2.-7)$$

$r_{r_1}^K$: Vetor dos correlatos

CORREÇÃO AOS VALORES OBSERVADOS (RESÍDUOS):

$$n V_1 = P^{-1} B^T K \quad (2.2.-8)$$

VALORES OBSERVADOS AJUSTADOS:

$$n L_{a_1} = L_{b_1} + n V_1 \quad (2.2.-9)$$

MATRIZ VARIÂNCIA-COVARIÂNCIA DOS VALORES AJUSTADOS:

$$n \Sigma_{L_{a_n}} = \hat{\sigma}_0^2 P^{-1} (I - B^T M^{-1} B P^{-1}) \quad (2.2.-10)$$

VARIÂNCIA DA UNIDADE DE PESO A POSTERIORI:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{-K^T W}{r} \quad (2.2.-11)$$

$n I_n$: matriz identidade

2.2.1 Fórmulas Iterativas

As fórmulas aqui apresentadas para a i-ésima iteração fo-

ram retiradas de |02|:

EQUAÇÕES DE CONDIÇÃO TRANSFORMADAS^{*}:

$$B_i V_i + W_i = 0 \quad (2.2.1.-1)$$

$$B_i = - \frac{\partial F}{\partial L_{a_i}} \Big|_{L_{a_{i-1}}} \quad (2.2.1.-2)$$

ERROS DE FECHAMENTOS:

$$W_i = B_i (L_b - L_{a_{i-1}}) + F(L_{a_{i-1}}) \quad (2.2.1.-3)$$

CORREÇÃO AOS VALORES OBSERVADOS (RESÍDUOS):

$$V_i = - P^{-1} B_i^T (B_i P^{-1} B_i^T)^{-1} W_i \quad (2.2.1.-4)$$

VALORES OBSERVADOS AJUSTADOS:

$$L_{a_i} = L_b + V_i \quad (2.2.1.-5)$$

i : número de iterações.

2.3 Equações de Condição

As equações de condição foram estabelecidas segundo critérios apresentados por |03| e |04|. Para o ajustamento da cadeia de triangulação em questão, foram formadas equações de condição de ângulos, lados, comprimento e azimuth.

A seguir apresentamos o cálculo do número de equações de condição e a formação das mesmas.

2.3.1 Equações de condição de ângulos

* MODELO LINEARIZADO

2.3.1.1 Número de equações de ângulos

O número de equações de ângulos foi determinado pela expressão |05|:

$$N_a = \ell - p + 1 \quad (2.3.1.-1)$$

ℓ : número de linhas visadas em ambas as direções

p : número de estações ocupadas (vértices)

Para o caso:

$$\ell = 43$$

$$p = 18$$

sendo o número de equações de ângulos dado por:

$$N_a = 43 - 18 + 1$$

$$N_a = 26$$

A verificação do número de equações de condição de ângulos e lados (2.3.2), pela reconstrução da figura ponto a ponto está apresentada no quadro 2.3.1-1|06|.

2.3.1.2 Formação das equações de ângulos

Para a formação das equações de condição de ângulos, foram considerados na triangulação todos os triângulos independentes, escrevendo-se para cada um a soma algébrica das seis correções a serem levadas às seis direções que o determinam.

As equações de ângulos para cada triângulo foram obtidas

Nº	ESTAÇÃO	Nº DE LADOS	EQUAÇÕES DE ÂNGULO	EQUAÇÕES DE LADO
03	PORTEIRINHA	02	01	00
04	PASSA TRÊS	03	02	01
05	TOMÉ	03	02	01
06	SERRINHA	02	01	00
07	JENIPAPO	02	01	00
08	EUROPA	03	02	01
09	NORTELÂNDIA	04	03	02
10	ESPIA	02	01	00
11	PONTINHA	03	02	01
12	ESTIVA	04	03	02
13	SANTANA	02	01	00
14	DOURADO	02	01	00
15	PEIXE	03	02	01
16	CATINGUEIRO	02	01	00
17	LAGES	03	02	01
18	URUAÇÚ	02	01	00
	TOTAL		26	10

Quadro 2.3.1.-1

pela expressão:

$$\sum V_i + W_j = 0 \quad (2.3.1.2.-1)$$

W_j : erro de fechamento do triângulo considerado;

V_i : correções para cada direção do triângulo considerado.

sendo o erro de fechamento para cada triângulo dado por:

$$W_j = [\sum \alpha_i - (180^\circ + \epsilon_j)] \quad (2.3.1.2.-2)$$

α_i : ângulos observados deduzidos das direções observadas;

ϵ_j : excesso esférico do triângulo considerado
|07|;

onde:

$$\epsilon_j = m \beta \gamma \operatorname{sen} C_i \quad (2.3.1.2.-3)$$

γ e β : lados do triângulo considerado;

C_i : ângulo compreendido entre os lados β e γ ;

m : fator do excesso esférico*.

2.3.1.2.1 Cálculo preliminar dos triângulos

A resolução dos triângulos é efetuada mediante a aplicação do Teorema de Legendre |08|.

No Apêndice B, estão apresentados os ângulos observados deduzidos das direções observadas, os ângulos corrigidos planos com distribuição equitativa do erro bruto de fechamento e os comprimentos dos lados de todos os triângulos da cadeia de triangulação.

O quadro 2.3.1.2.1.-1 apresenta o cálculo do excesso esférico (ϵ_j) de cada triângulo, obtido através da aplicação da expressão (2.3.1.2.-3).

Os erros de fechamento (W_j) para cada triângulo estão apresentados no quadro 2.3.1.2.1.-2, calculados através de (2.3.1.2.-2).

* O fator excesso esférico é encontrado tabelado para diferentes latitudes |09|.

Nº	Triângulo	Distância γ (m)	Distância β (m)	Ângulo (C_i)			m	ϵ (")	Verificação
01	01-02-03	30709,7346	24173,2713	72	46	52,67	$2,6 \times 10^{-9}$	1,8080	3,0066
02	02-03-04	21517,8365	22077,8171	98	19	11,60	$2,6 \times 10^{-9}$	1,1986	
03	01-03-04	24173,2713	22077,8171	102	59	34,16	$2,6 \times 10^{-9}$	1,3260	
04	01-02-04	21517,8365	30709,7346	85	54	22,40	$2,6 \times 10^{-9}$	1,6806	
05	02-04-06	21517,8365	22404,8328	110	09	58,19	$2,6 \times 10^{-9}$	1,1539	2,3340
06	04-05-06	26472,9279	18189,3249	106	01	01,14	$2,6 \times 10^{-9}$	1,1801	
07	02-04-05	21517,8365	26472,9279	64	45	43,96	$2,6 \times 10^{-9}$	1,3138	
08	02-05-06	18189,3249	22404,8328	79	03	17,38	$2,6 \times 10^{-9}$	1,0202	
09	05-06-07	18189,3249	23060,9846	104	24	44,51	$2,6 \times 10^{-9}$	1,0359	2,6773
10	05-07-08	30358,9491	21887,2918	75	39	19,62	$2,6 \times 10^{-9}$	1,6414	
11	05-06-08	18189,3249	30358,9491	83	24	12,61	$2,6 \times 10^{-9}$	1,3987	
12	06-07-08	21887,2918	23060,9846	96	31	44,06	$2,6 \times 10^{-9}$	1,2786	
13	05-08-09	30358,9491	19952,9563	49	51	07,59	$2,6 \times 10^{-9}$	1,1806	5,2953
14	08-09-11	23208,9452	27569,9876	77	36	12,60	$2,6 \times 10^{-9}$	1,5935	
15	09-10-11	27569,9876	21178,0246	87	04	45,07	$2,6 \times 10^{-9}$	1,4868	
16	05-09-10	21178,0246	32911,1544	35	35	39,44	$2,6 \times 10^{-9}$	1,0344	
17	05-08-11	32000,4721	30358,9491	98	22	39,22	$2,6 \times 10^{-9}$	2,4507	5,2953
18	05-10-11	32911,1544	33898,5634	89	54	39,62	$2,6 \times 10^{-9}$	2,8446	
19	05-08-10	32911,1544	30358,9491	88	00	22,49	$2,6 \times 10^{-9}$	2,5460	
20	08-10-11	32000,4721	33898,5634	83	42	20,24	$2,6 \times 10^{-9}$	2,7493	
21	05-09-11	19952,9563	27569,9876	166	40	08,08	$2,6 \times 10^{-9}$	0,3234	5,2953
22	08-09-10	23208,9452	21178,0246	164	40	58,61	$2,6 \times 10^{-9}$	0,3310	
23	10-11-12	11211,8904	25393,0440	131	40	28,82	$2,6 \times 10^{-9}$	0,5422	2,3011
24	11-12-13	25393,0440	16439,2362	51	42	53,52	$2,6 \times 10^{-9}$	0,8355	
25	12-13-14	16439,2362	13143,8907	93	07	31,93	$2,6 \times 10^{-9}$	0,5501	
26	10.12.14	13143,8907	11211,8904	83	29	04,62	$2,6 \times 10^{-9}$	0,3733	
27	10-11-14	16278,7998	33898,5634	87	21	36,95	$2,6 \times 10^{-9}$	1,4056	2,3011
28	11-13-14	19944,3182	21600,3383	125	23	15,15	$2,6 \times 10^{-9}$	0,8955	
29	11-12-14	25393,0440	13143,8907	144	50	25,94	$2,6 \times 10^{-9}$	0,4902	
30	13-14-16	21600,3383	17400,2694	78	11	07,38	$2,6 \times 10^{-9}$	0,9380	
31	13-15-16	17968,2783	11582,9780	112	22	07,84	$2,6 \times 10^{-9}$	0,4907	1,4287
32	13-14-15	17968,2783	21600,3383	68	56	12,60	$2,6 \times 10^{-9}$	0,9235	
33	14-15-16	11582,9780	17400,2694	100	30	32,23	$2,6 \times 10^{-9}$	0,5052	
34	14-16-17	17400,2694	18440,6600	117	16	34,07	$2,6 \times 10^{-9}$	0,7272	
35	14-17-18	22194,0966	20903,0677	90	27	25,62	$2,6 \times 10^{-9}$	1,1828	1,9100
36	14-16-18	20903,0677	17400,2694	78	50	56,62	$2,6 \times 10^{-9}$	0,9090	
37	16-17-18	18440,6600	22194,0966	73	25	04,19	$2,6 \times 10^{-9}$	1,0001	

Quadro 2.3.1.2.1.-1

Nº	Triângulo	Ângulo (A_i)			Ângulo (B_i)			Ângulo (C_i)			A+B+C (")	ϵ (")	W (")
01	01-02-03	72	46	53,09	44	25	48,19	62	47	19,98	01,26	1,8080	-0,5480
02	02-03-04	41	28	34,69	40	12	14,53	98	19	12,01	01,23	1,1986	0,0310
03	01-03-04	36	26	21,74	102	59	34,51	40	34	04,79	01,04	1,3260	-0,2860
04	01-02-04	36	20	31,35	85	54	22,88	57	45	07,22	01,45	1,6806	0,2306
05	02-04-06	110	09	58,41	35	43	28,60	34	06	33,66	00,67	1,1539	-0,4839
06	04-05-06	29	02	15,69	106	01	01,58	44	56	44,06	01,33	1,1801	0,1499
07	02-04-05	66	51	59,46	64	45	44,29	48	22	17,24	00,99	1,3138	-0,3238
08	02-05-06	43	17	58,95	57	38	44,34	79	03	17,72	01,01	1,0202	-0,0102
09	05-06-07	43	01	37,34	104	24	45,43	32	33	39,98	02,75	1,0359	1,7141
10	05-07-08	40	22	35,67	63	58	04,50	75	39	19,52	00,31	1,6414	-1,9514
11	05-06-08	83	24	13,01	64	00	39,55	32	35	08,63	01,19	1,3987	-0,2087
12	06-07-08	40	24	05,88	96	31	44,48	43	04	10,89	01,25	1,2786	-0,0286
13	05-08-09	49	51	07,96	41	04	57,98	89	03	55,18	01,12	1,1806	-0,0606
14	08-09-11	57	17	41,91	77	36	12,86	45	06	06,00	00,77	1,5935	-0,8235
15	09-10-11	87	04	45,45	54	19	00,52	38	36	15,18	01,15	1,4868	-0,3368
16	05-09-10	38	09	15,15	106	15	06,51	35	35	39,99	01,65	1,0344	0,6156
17	05-08-11	42	06	48,67	98	22	39,89	39	30	33,46	02,02	2,4507	-0,4307
18	05-10-11	45	53	34,44	89	54	40,51	44	11	47,72	02,67	2,8446	-0,1746
19	05-08-10	88	00	23,11	48	23	19,58	43	36	19,18	01,87	2,5460	-0,6760
20	08-10-11	49	59	20,31	46	18	21,33	83	42	21,18	02,82	2,7493	0,0707
21	05-09-11	07	44	19,29	166	40	08,04	05	35	32,54	-00,13	0,3234	-0,4534
22	08-09-10	07	18	21,60	164	40	58,31	08	00	39,19	-00,90	0,3310	-1,2310
23	10-11-12	34	01	21,06	14	18	10,09	131	40	28,80	-00,05	0,5422	-0,5922
24	11-12-13	40	18	53,45	51	42	54,11	87	58	14,22	01,78	0,8355	0,9445
25	12-13-14	93	07	32,33	37	25	01,42	49	27	27,45	01,20	0,5501	0,6499
26	10-12-14	53	20	16,52	83	29	04,76	43	10	39,14	00,42	0,3733	0,0467
27	10-11-14	87	21	37,58	26	07	56,42	66	30	27,88	01,88	1,4056	0,4744
28	11-13-14	28	29	07,12	125	23	15,64	26	07	38,71	01,47	0,8955	0,5745
29	11-12-14	11	49	46,33	144	50	26,44	23	19	48,74	01,51	0,4902	1,0199
30	13-14-16	43	21	23,72	78	11	07,52	58	27	29,19	00,43	0,9380	-0,5080
31	13-15-16	25	34	48,96	112	22	07,73	42	03	02,99	-00,32	0,4907	-0,8107
32	13-14-15	68	56	12,68	47	54	55,68	63	08	51,89	00,25	0,9235	-0,6735
33	14-15-16	30	16	11,84	49	13	15,84	100	30	32,18	-00,14	0,5052	-0,6452
34	14-16-17	32	22	31,83	117	16	34,01	30	20	53,99	-00,17	0,7272	-0,8972
35	14-17-18	46	28	24,91	43	04	10,58	90	27	26,18	01,67	1,1828	0,4872
36	14-16-18	78	50	56,74	56	55	22,71	44	13	40,91	00,36	0,9099	-0,549
37	16-17-18	60	21	11,30	73	25	04,57	46	13	45,27	01,14	1,0001	0,1399

Quadro 2.3.1.2.1.-2

2.3.1.3 Equações de condição de ângulos transformados*

Com o cálculo do excesso esférico e do erro de fechamento dos triângulos, podemos agora escrever as equações de condição transformadas, referentes a ângulos, na forma da expressão 2.3.1.2.-1):

$-V_1$	$+V_3$	$-V_7$	$+V_8$	$-V_9$	$+V_{10}$	$-0,5480 = 0$
$-V_1$	$+V_2$	$-V_6$	$+V_8$	$-V_{13}$	$+V_{14}$	$+0,2306 = 0$
$-V_6$	$+V_7$	$-V_{10}$	$+V_{11}$	$-V_{12}$	$+V_{14}$	$+0,0314 = 0$
$-V_4$	$+V_6$	$-V_{14}$	$+V_{15}$	$-V_{28}$	$+V_{29}$	$-0,4839 = 0$
$-V_5$	$+V_6$	$-V_{14}$	$+V_{16}$	$-V_{17}$	$+V_{18}$	$-0,3238 = 0$
$-V_4$	$+V_5$	$-V_{18}$	$+V_{19}$	$-V_{27}$	$+V_{29}$	$-0,0102 = 0$
$-V_{19}$	$+V_{21}$	$-V_{26}$	$+V_{27}$	$-V_{36}$	$+V_{37}$	$-0,2087 = 0$
$-V_{25}$	$+V_{26}$	$-V_{30}$	$+V_{32}$	$-V_{37}$	$+V_{38}$	$-0,0286 = 0$
$-V_{20}$	$+V_{21}$	$-V_{30}$	$+V_{31}$	$-V_{36}$	$+V_{38}$	$-1,9514 = 0$
$-V_{21}$	$+V_{23}$	$-V_{35}$	$+V_{36}$	$-V_{39}$	$+V_{40}$	$-0,0606 = 0$
$-V_{33}$	$+V_{35}$	$-V_{40}$	$+V_{41}$	$-V_{53}$	$+V_{55}$	$-0,8235 = 0$
$-V_{41}$	$+V_{42}$	$-V_{44}$	$+V_{46}$	$-V_{52}$	$+V_{53}$	$-0,3368 = 0$
$-V_{22}$	$+V_{24}$	$-V_{43}$	$+V_{46}$	$-V_{52}$	$+V_{54}$	$-0,1746 = 0$
$-V_{21}$	$+V_{24}$	$-V_{34}$	$+V_{36}$	$-V_{43}$	$+V_{45}$	$-0,6760 = 0$
$-V_{33}$	$+V_{34}$	$-V_{45}$	$+V_{46}$	$-V_{52}$	$+V_{55}$	$+0,0707 = 0$
$-V_{46}$	$+V_{47}$	$-V_{51}$	$+V_{52}$	$+V_{56}$	$-V_{59}$	$-0,5922 = 0$
$-V_{49}$	$+V_{51}$	$-V_{56}$	$+V_{57}$	$-V_{63}$	$+V_{64}$	$+0,9445 = 0$
$-V_{57}$	$+V_{58}$	$-V_{62}$	$+V_{63}$	$-V_{66}$	$+V_{68}$	$+0,6499 = 0$
$-V_{46}$	$+V_{48}$	$-V_{50}$	$+V_{52}$	$-V_{65}$	$+V_{67}$	$+0,4744 = 0$
$-V_{49}$	$+V_{50}$	$-V_{62}$	$+V_{64}$	$-V_{67}$	$+V_{68}$	$+0,5745 = 0$
$-V_{61}$	$+V_{62}$	$-V_{68}$	$+V_{70}$	$-V_{78}$	$+V_{79}$	$-0,5080 = 0$
$-V_{69}$	$+V_{70}$	$-V_{73}$	$+V_{74}$	$-V_{78}$	$+V_{80}$	$-0,6452 = 0$
$-V_{60}$	$+V_{62}$	$-V_{68}$	$+V_{69}$	$-V_{74}$	$+V_{75}$	$-0,6735 = 0$
$-V_{71}$	$+V_{72}$	$-V_{81}$	$+V_{82}$	$-V_{84}$	$+V_{85}$	$+0,4872 = 0$
$-V_{70}$	$+V_{72}$	$-V_{77}$	$+V_{78}$	$-V_{84}$	$+V_{85}$	$-0,5490 = 0$
$-V_{76}$	$+V_{77}$	$-V_{81}$	$+V_{83}$	$-V_{85}$	$+V_{86}$	$-0,1399 = 0$

As equações acima comporão o conjunto das equações de condição angulares, transformadas sob o aspecto matricial $BV+W=0$.

* equações de condições linearizadas

2.3.2 Equações de condição de lado

As equações de condição referentes a lado , se fazem necesárias no ajustamento de uma cadeia de triangulação, para que o comprimento de um lado independa do caminho.

2.3.2.1 Número de equações de lado

O número de equações de lado foi determinado através da expressão |10|:

$$N_L = \ell' - 2p' + 3 \quad (2.3.2.1.-1)$$

ℓ' : número total de linhas;

p' : número total de estações.

No caso:

$$\ell' = 43 \quad \text{e} \quad p' = 18$$

logo, o número de equações de lado é:

$$N_L = 43 - 36 + 3$$

$$N_L = 10$$

A verificação do número de equações de lado, pela recons -
trução da figura ponto a ponto, está apresentada no quadro 2.3.1.
-1. (p. 08).

2.3.2.2 Formação das equações de lado

As equações de condição referentes a lado, foram formadas tomando-se como polo um dos vértices da figura e desenvolvendo-as segundo os senos dos ângulos observados |11| .

Assim, consideremos o quadrilátero São João-São Pedro-Porteirinha-Passa Três (Fig. 2.3.2.2.-1):

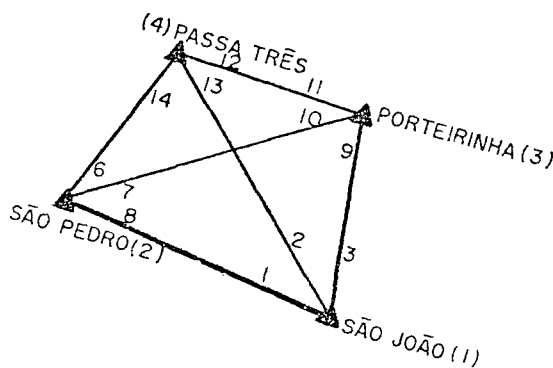


Fig. 2.3.2.2.-1

Polα Vértice Passa Três (4)

$$\frac{\overline{4-3}}{\overline{4-1}} \cdot \frac{\overline{4-1}}{\overline{4-2}} \cdot \frac{\overline{4-2}}{\overline{4-3}} = 1$$

Substituindo cada lado pelo seno do ângulo oposto, obtemos:

$$\frac{\text{sen}(-d_2 + d_3)}{\text{sen}(-d_9 + d_{11})} \cdot \frac{\text{sen}(-d_6 + d_8)}{\text{sen}(-d_1 + d_2)} \cdot \frac{\text{sen}(-d_{10} + d_{11})}{\text{sen}(-d_6 + d_7)} = 1$$

onde

d_i : direções observadas

Sendo a equação de lado não linear, deverá ser reduzida a esta forma.

No presente trabalho, a equação de lado foi linearizada pela fórmula de Taylor, considerando as direções observadas (d_i) como sendo ajustadas (d'_i).

Procedendo o cálculo das derivadas parciais em relação às direções observadas, consideradas ajustadas, obtemos os coeficientes da equação de lado e o correspondente erro de fechamento [12]. As demais equações de lado foram obtidas de maneira análoga.

2.3.2.3 Equações de condição de lado transformadas

+0,51983 V_1	-1,03781 V_2	+0,51798 V_3	+0,40526 V_6
-0,43263 V_7	+0,02737 V_8	-0,08824 V_9	-0,45249 V_{10}
+0,54073 V_{11}	-0,40949 = 0		
+0,46505 V_4	-0,65228 V_5	+0,18723 V_6	+0,20657 V_{14}
-0,78937 V_{15}	+0,58280 V_{16}	+0,35432 V_{27}	-0,43907 V_{28}
+0,08475 V_{29}	-0,21778 = 0		
+0,34893 V_{19}	-0,39115 V_{20}	+0,04222 V_{21}	-0,04179 V_{30}
-0,57174 V_{31}	+0,61352 V_{32}	+0,57120 V_{36}	-0,96177 V_{37}
+0,39056 V_{38}	-0,83391 = 0		
+0,49254 V_{21}	-0,50854 V_{22}	+0,01600 V_{24}	+0,48266 V_{43}
-0,92189 V_{45}	+0,43923 V_{46}	+0,05071 V_{52}	-0,55750 V_{54}
+0,50680 V_{55}	+0,80047 = 0		
+0,19703 V_{21}	-0,49435 V_{23}	+0,29732 V_{24}	+0,14999 V_{33}
-0,41791 V_{35}	+0,26793 V_{36}	+0,32633 V_{43}	-0,49408 V_{44}
+0,16774 V_{46}	+0,29256 V_{52}	-0,52532 V_{53}	+0,23276 V_{55}
+0,06455 = 0			
+0,04772 V_{21}	-0,11974 V_{23}	+0,07201 V_{24}	+0,44129 V_{34}
-0,50619 V_{35}	+0,06489 V_{36}	+0,07904 V_{43}	-0,48106 V_{44}
+0,40201 V_{45}	-0,19658 = 0		
+0,22295 V_{46}	-0,33497 V_{47}	+0,11203 V_{48}	+0,17738 V_{49}
-0,76770 V_{51}	+0,59032 V_{52}	+0,19673 V_{62}	-0,20207 V_{63}
+0,00533 V_{64}	+0,16040 V_{65}	+0,04355 V_{66}	+0,12873 V_{68}
-1,06464 = 0			
+0,11626 V_{46}	-0,17468 V_{47}	+0,05842 V_{48}	+0,37473 V_{50}
-0,68256 V_{51}	+0,30784 V_{52}	+0,08364 V_{65}	-0,26562 V_{66}
+0,18197 V_{67}	-0,69079 = 0		
+0,53684 V_{60}	-0,65818 V_{61}	+0,12134 V_{62}	+0,28453 V_{68}
-0,82435 V_{69}	+0,53982 V_{70}	-0,05845 V_{78}	-0,34929 V_{79}
+0,40774 V_{80}	-0,86146 = 0		
+0,49403 V_{70}	-0,56459 V_{71}	+0,07056 V_{72}	+0,10659 V_{81}
-0,61140 V_{82}	+0,50481 V_{83}	+0,36774 V_{84}	-0,71067 V_{85}
+0,34292 V_{86}	+0,22465 = 0		

2.3.3 Equação de condição de Comprimento

2.3.3.1 Formação da equação de comprimento

A equação de condição de comprimento foi formada, partindo-se do lado São João-São Pedro e calculando-se o comprimento do lado Uruaçu-Lages.

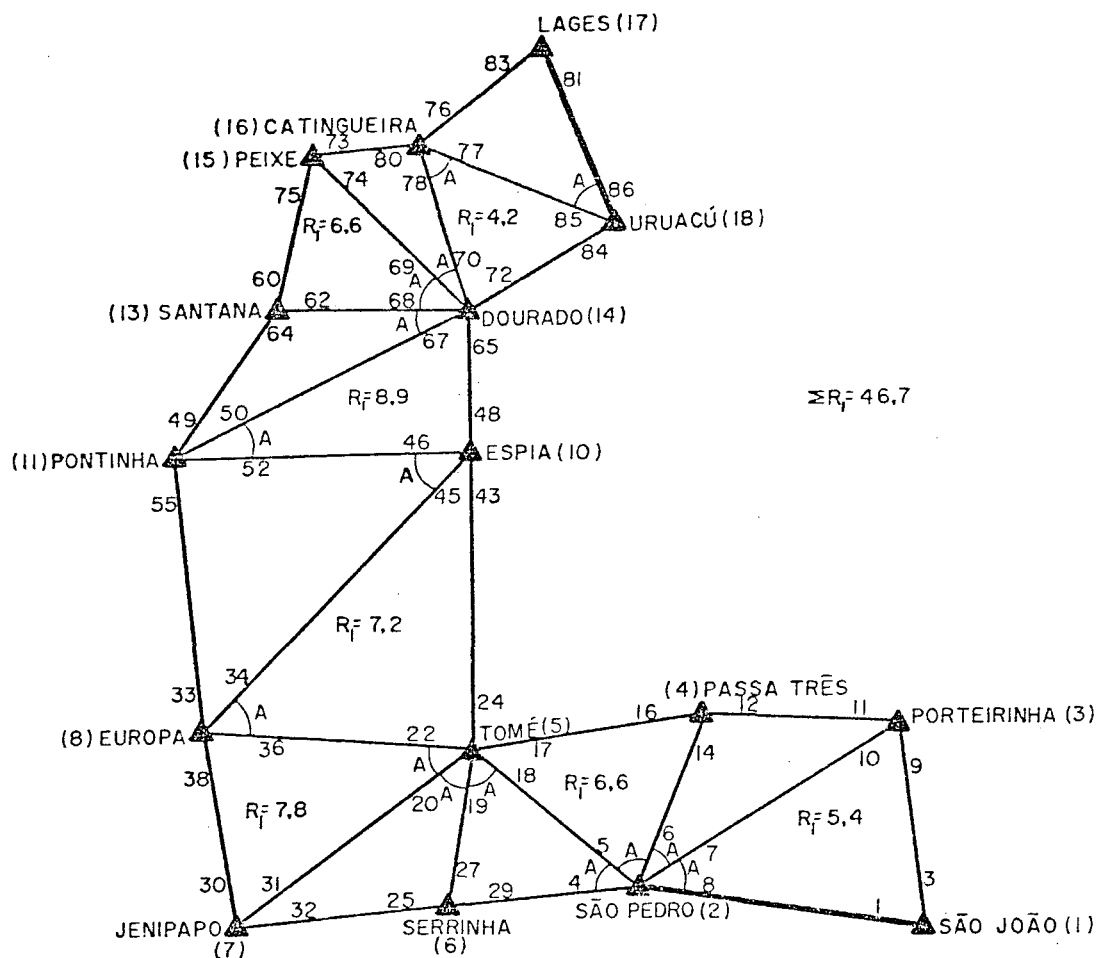
O transporte dos comprimentos foi conduzido através dos ângulos distâncias do encadeamento de triângulos de menor $\Sigma R_1^* |13|$; estando os coeficientes de rigidez das figuras componentes do melhor caminho, apresentados na Fig. 2.3.3.-1.

A equação de comprimento foi linearizada pela maneira clássica, apresentada por |14|, utilizando-se o ângulo observado em segundos na base dos logaritmos comuns.

2.3.3.2 Equação de condição transformada

-0,65252 V ₁	+0,65252 V ₃	-2,23435 V ₄	+2,23435 V ₅
+1,08261 V ₉	-3,57380 V ₁₀	+2,49119 V ₁₁	-0,30791 V ₁₂
-0,68457 V ₁₄	+0,99248 V ₁₆	+1,87125 V ₁₇	-1,87125 V ₁₈
-0,07329 V ₂₁	+0,07329 V ₂₄	+0,54110 V ₂₅	-0,13392 V ₂₇
-0,40718 V ₂₉	-1,02839 V ₃₀	+4,32563 V ₃₁	-3,29724 V ₃₂
-1,76743 V ₃₃	+1,76743 V ₃₄	+0,53844 V ₃₆	-0,53844 V ₃₈
+2,21060 V ₄₃	-2,21060 V ₄₅	-0,09707 V ₄₆	+0,09707 V ₄₈
-3,88024 V ₄₉	+3,88024 V ₅₀	+0,23223 V ₅₂	-0,23223 V ₅₅
-0,81090 V ₆₀	-0,68473 V ₆₂	+1,49563 V ₆₄	+0,91517 V ₆₅
-0,91517 V ₆₇	-0,41503 V ₇₀	+0,41503 V ₇₂	-1,81609 V ₇₃
+2,88208 V ₇₄	-1,06599 V ₇₅	-1,19838 V ₇₆	+1,19838 V ₇₇
-0,39058 V ₇₈	+0,39058 V ₈₀	+0,62697 V ₈₁	-0,62697 V ₈₃
+2,16304 V ₈₄	-2,16304 V ₈₅	+21,5018 = 0	

* coeficiente de rigidez



		Azimute	Distância (m)
Linhas fixas	São João-São Pedro	102° 30' 04",248	30709,7346
	Uruaçu-Lages	- - - -	22192,9483
	Uruaçu-Dourado	65 48 28,89	- - - -
		Latitude	Longitude
Pontos fixos	São João	15° 18' 31",184S	48° 46' 42",324W
	São Pedro	15 14 54,289S	49 03 27,018W

Fig. 2.3.3.-1

2.3.4 Equação de Condição de Azimute

2.3.4.1 Formação da Equação de Azimute

O estabelecimento da equação de condição de azimute, pressupõe o cálculo provisório das posições geodésicas, ou seja, o transporte preliminar de coordenadas e azimute.

O transporte de coordenadas foi realizado ao longo do enca-deamento de triângulos de menor ΣR_1 (Fig. 2.3.3.-1); para esse fim se faz necessário o cálculo provisório dos triângulos (A - pêndice C).

Os cálculos do transporte foram executados em um computador IBM/360, cuja listagem (linguagem Fortran) se encontra no A-pêndice D (programa 1).

O cálculo do azimute transportado é apresentado a seguir , utilizando-se os ângulos observados e as convergências meridianas, fornecidas pelo transporte preliminar de coordenadas [15]:

Azimute fixo (São João-São Pedro)	102°	30'	04",248
-1+3 (Ângulo Observado)	72	46	53,09
Azimute (São João-Porteirinha)	175	16	57,338
Conv. Meridiana (São João-Porteirinha)			17,454
Azimute (Porteirinha-São João)	355	17	14,792
-9+10 (Ângulo observado)	102	59	34,51
Azimute (Porteirinha-Passa Três)	98	16	49,302
Conv. meridiana (Porteirinha-Passa Três)		03	10,265
Azimute (Passa Três-Porteirinha)	278	19	59,566
-12+16 (Ângulo observado)	163	04	56,30
Azimute (Passa Três-Tomé)	81	24	55,866
Conv. meridiana (Passa Três-Tomé)		03	48,05
Azimute (Tomé-Passa Três)	261	28	43,916
-17+24 (Ângulo observado)	277	25	37,70
Azimute (Tomé-Espia)	178	54	21,616
Conv. meridiana (Tomé-Espia)			05,420
Azimute (Espia-Tomé)	358	54	27,036
-43+48 (Ângulo observado)	177	16	18,09

Azimuth (Espia-Dourado)	176	10	45 ,126
Conv. meridiana (Espia-Dourado)			09 ,216
Azimuth (Dourado-Espia)	356	10	54 ,342
-65+72 (Ângulo observado)	249	40	10 ,85
Azimuth (Dourado-Uruaçu)	245	51	05 ,192
Conv. meridiana (Dourado-Uruaçu)		02	40 ,416
Azimuth (Uruaçu-Dourado)	65	48	24 ,416
	65	48	28 ,89
Erro de fechamento (W_A)			-04 ,474

Comparando o azimuth (Uruaçu-Dourado) transportado com o fixo, obtemos o erro de fechamento para a equação de condição de azimuth:

$$-V_1 + V_3 - V_9 + V_{10} - V_{12} + V_{16} - V_{17} + V_{24} - V_{43} + V_{48} - V_{65} + V_{72} - 04,4742 = 0$$

2.4 Matriz B

A matriz $B(38,86)$, formada pelos coeficientes das equações de condição transformadas, é apresentada a seguir; mas devido às dimensões da mesma, reproduziremos apenas os elementos não nulos ($b_{rn} \neq 0$):

$B(1, 1) = -1.00000$	$B(1, 3) = 1.00000$	$B(1, 7) = -1.00000$
$B(1, 8) = 1.00000$	$B(1, 9) = -1.00000$	$B(1, 10) = 1.00000$
$B(2, 1) = -1.00000$	$B(2, 2) = 1.00000$	$B(2, 6) = -1.00000$
$B(2, 8) = 1.00000$	$B(2, 13) = -1.00000$	$B(2, 14) = 1.00000$
$B(3, 6) = -1.00000$	$B(3, 7) = 1.00000$	$B(3, 10) = -1.00000$
$B(3, 11) = 1.00000$	$B(3, 12) = -1.00000$	$B(3, 14) = 1.00000$
$B(4, 4) = -1.00000$	$B(4, 6) = 1.00000$	$B(4, 14) = -1.00000$
$B(4, 15) = 1.00000$	$B(4, 28) = -1.00000$	$B(4, 29) = 1.00000$
$B(5, 5) = -1.00000$	$B(5, 6) = 1.00000$	$B(5, 14) = -1.00000$
$B(5, 16) = 1.00000$	$B(5, 17) = -1.00000$	$B(5, 18) = 1.00000$

$B(6,4) = -1.00000$	$B(6,5) = 1.00000$	$B(6,18) = -1.00000$
$B(6,19) = 1.00000$	$B(6,27) = -1.00000$	$B(6,29) = 1.00000$
$B(7,19) = -1.00000$	$B(7,21) = 1.00000$	$B(7,26) = -1.00000$
$B(7,27) = 1.00000$	$B(7,36) = -1.00000$	$B(7,37) = 1.00000$
$B(8,25) = -1.00000$	$B(8,26) = 1.00000$	$B(8,30) = -1.00000$
$B(8,32) = 1.00000$	$B(8,37) = -1.00000$	$B(8,38) = 1.00000$
$B(9,20) = -1.00000$	$B(9,21) = 1.00000$	$B(9,30) = -1.00000$
$B(9,31) = 1.00000$	$B(9,36) = -1.00000$	$B(9,38) = 1.00000$
$B(10,21) = -1.00000$	$B(10,23) = 1.00000$	$B(10,35) = -1.00000$
$B(10,36) = 1.00000$	$B(10,39) = -1.00000$	$B(10,40) = 1.00000$
$B(11,33) = -1.00000$	$B(11,35) = 1.00000$	$B(11,40) = -1.00000$
$B(11,41) = 1.00000$	$B(11,53) = -1.00000$	$B(11,55) = 1.00000$
$B(12,41) = -1.00000$	$B(12,42) = 1.00000$	$B(12,44) = -1.00000$
$B(12,46) = 1.00000$	$B(12,52) = -1.00000$	$B(12,53) = 1.00000$
$B(13,22) = -1.00000$	$B(13,24) = 1.00000$	$B(13,43) = -1.00000$
$B(13,46) = 1.00000$	$B(13,52) = -1.00000$	$B(13,54) = 1.00000$
$B(14,21) = -1.00000$	$B(14,24) = 1.00000$	$B(14,34) = -1.00000$
$B(14,36) = 1.00000$	$B(14,43) = -1.00000$	$B(14,45) = 1.00000$
$B(15,33) = -1.00000$	$B(15,34) = 1.00000$	$B(15,45) = -1.00000$
$B(15,46) = 1.00000$	$B(15,52) = -1.00000$	$B(15,55) = 1.00000$
$B(16,46) = -1.00000$	$B(16,47) = 1.00000$	$B(16,51) = -1.00000$
$B(16,52) = 1.00000$	$B(16,56) = 1.00000$	$B(16,59) = -1.00000$
$B(17,49) = -1.00000$	$B(17,51) = 1.00000$	$B(17,56) = -1.00000$
$B(17,57) = 1.00000$	$B(17,63) = -1.00000$	$B(17,64) = 1.00000$
$B(18,57) = -1.00000$	$B(18,58) = 1.00000$	$B(18,62) = -1.00000$
$B(18,63) = 1.00000$	$B(18,66) = -1.00000$	$B(18,68) = 1.00000$
$B(19,46) = -1.00000$	$B(19,48) = 1.00000$	$B(19,50) = -1.00000$
$B(19,52) = 1.00000$	$B(19,65) = -1.00000$	$B(19,67) = 1.00000$
$B(20,49) = -1.00000$	$B(20,50) = 1.00000$	$B(20,62) = -1.00000$

B(20,64) = 1.00000	B(20,67) = -1.00000	B(20,68) = 1.00000
B(21,61) = -1.00000	B(21,62) = 1.00000	B(21,68) = -1.00000
B(21,70) = 1.00000	B(21,78) = -1.00000	B(21,79) = 1.00000
B(22,69) = -1.00000	B(22,70) = 1.00000	B(22,73) = -1.00000
B(22,74) = 1.00000	B(22,78) = -1.00000	B(22,80) = 1.00000
B(23,60) = -1.00000	B(23,62) = 1.00000	B(23,68) = -1.00000
B(23,69) = 1.00000	B(23,74) = -1.00000	B(23,75) = 1.00000
B(24,71) = -1.00000	B(24,72) = 1.00000	B(24,81) = -1.00000
B(24,82) = 1.00000	B(24,84) = -1.00000	B(24,86) = 1.00000
B(25,70) = -1.00000	B(25,72) = 1.00000	B(25,77) = -1.00000
B(25,78) = 1.00000	B(25,84) = -1.00000	B(25,85) = 1.00000
B(26,76) = -1.00000	B(26,77) = 1.00000	B(26,81) = -1.00000
B(26,83) = 1.00000	B(26,85) = -1.00000	B(26,86) = 1.00000
B(27, 1) = 0.51983	B(27, 2) = -1.03781	B(27, 3) = 0.51798
B(27, 6) = 0.40526	B(27, 7) = -0.43263	B(27, 8) = 0.02737
B(27, 9) = -0.08824	B(27,10) = -0.45249	B(27,11) = 0.54073
B(28, 4) = 0.46505	B(28, 5) = -0.65228	B(28, 6) = 0.18723
B(28,14) = 0.20657	B(28,15) = -0.78937	B(28,16) = 0.58280
B(28,27) = 0.35432	B(28,28) = -0.43907	B(28,29) = 0.08475
B(29,19) = 0.34893	B(29,20) = -0.39115	B(29,21) = 0.04222
B(29,30) = -0.04179	B(29,31) = -0.57174	B(29,32) = 0.61352
B(29,36) = 0.57120	B(29,37) = -0.96177	B(29,38) = 0.39056
B(30,21) = 0.49254	B(30,22) = -0.50854	B(30,24) = 0.01600
B(30,43) = 0.48266	B(30,45) = -0.92189	B(30,46) = 0.43923
B(30,52) = 0.65071	B(30,54) = -0.55750	B(30,55) = 0.50680
B(31,21) = 0.19703	B(31,23) = -0.49435	B(31,24) = 0.29732
B(31,33) = 0.14999	B(31,35) = -0.41791	B(31,36) = 0.26793
B(31,43) = 0.22633	B(31,44) = -0.49408	B(31,46) = 0.16774
B(31,52) = 0.29256	B(31,53) = -0.52532	B(31,55) = 0.23276

$B(32,21) = 0.04772$	$B(32,23) = -0.11974$	$B(32,24) = 0.07201$
$B(32,34) = 0.44129$	$B(32,35) = -0.50619$	$B(32,36) = 0.06489$
$B(32,43) = 0.07904$	$B(32,44) = -0.48106$	$B(32,45) = 0.40201$
$B(33,46) = 0.22295$	$B(33,47) = -0.32497$	$B(33,48) = 0.11203$
$B(33,49) = 0.17738$	$B(33,51) = -0.76770$	$B(33,52) = 0.59032$
$B(33,62) = 0.19673$	$B(33,63) = -0.20207$	$B(33,64) = 0.00533$
$B(33,65) = 0.16040$	$B(33,66) = 0.04255$	$B(33,68) = 0.12873$
$B(34,46) = 0.11626$	$B(34,47) = -0.17468$	$B(34,48) = 0.05842$
$B(34,50) = 0.37473$	$B(34,51) = -0.68256$	$B(34,52) = 0.30784$
$B(34,65) = 0.08364$	$B(34,66) = -0.26562$	$B(34,67) = 0.18197$
$B(35,60) = 0.52684$	$B(35,61) = -0.65818$	$B(35,62) = 0.12134$
$B(35,68) = 0.28453$	$B(35,69) = -0.82435$	$B(35,70) = 0.53982$
$B(35,78) = -0.05845$	$B(35,79) = -0.34929$	$B(35,80) = 0.40774$
$B(36,70) = 0.49403$	$B(36,71) = -0.56459$	$B(36,72) = 0.07056$
$B(36,81) = 0.10659$	$B(36,82) = -0.61140$	$B(36,83) = 0.50481$
$B(36,84) = 0.36774$	$B(36,85) = -0.71067$	$B(36,86) = 0.34292$
$B(37, 1) = -1.00000$	$B(37, 3) = 1.00000$	$B(37, 9) = -1.00000$
$B(37,11) = 1.00000$	$B(37,12) = -1.00000$	$B(37,16) = 1.00000$
$B(37,17) = -1.00000$	$B(37,24) = 1.00000$	$B(37,43) = -1.00000$
$B(37,48) = 1.00000$	$B(37,65) = -1.00000$	$B(37,72) = 1.00000$
$B(38, 1) = -0.65252$	$B(38, 3) = 0.65252$	$B(38, 4) = -2.23435$
$B(38, 5) = 2.23435$	$B(38, 9) = 1.01261$	$B(38,10) = -3.57380$
$B(38,11) = 2.49119$	$B(38,12) = -0.30791$	$B(38,14) = -0.68457$
$B(38,16) = 0.99248$	$B(38,17) = 1.87125$	$B(38,18) = -1.87125$
$B(38,21) = -0.07329$	$B(38,24) = 0.07329$	$B(38,25) = 0.54110$
$B(38,27) = -0.12392$	$B(38,29) = -0.40718$	$B(38,30) = -1.02839$
$B(38,31) = 4.32563$	$B(38,32) = -2.29724$	$B(38,33) = -1.76743$
$B(38,34) = 1.76743$	$B(38,36) = 0.52844$	$B(38,38) = -0.53844$
$B(38,43) = 2.21060$	$B(38,45) = -2.21060$	$B(38,46) = -0.09707$


```

B(38,48) = 0.09707   B(38,49) = -3.88024   B(38,50) = 3.88024
B(38,52) = 0.23223   B(38,55) = -0.23223   B(38,60) = -0.81090
B(38,62) = -0.68473   B(38,64) = 1.49563   B(38,65) = 0.91517
B(38,67) = -0.91517   B(38,70) = -0.41503   B(38,72) = 0.41503
B(38,73) = -1.81609   B(38,74) = 2.88208   B(38,75) = -1.06599
B(38,76) = -1.19838   B(38,77) = 1.19838   B(38,78) = -0.39058
B(38,80) = 0.39058   B(38,81) = 0.62697   B(38,83) = -0.62697
B(38,84) = 2.16304   B(38,85) = -2.16304

```

2.5 Vetor W

O vetor W , formado pelos erros de fechamentos das equações de condição, tem seus elementos mostrados a seguir:

```

W( 1)=-0.54800      W(20)= 0.57450
W( 2)=-0.23060      W(21)=-0.50800
W( 3)= 0.03140      W(22)=-0.64520
W( 4)=-0.48390      W(23)=-0.67350
W( 5)=-0.32380      W(24)= 0.48720
W( 6)=-0.01020      W(25)=-0.54900
W( 7)=-0.20870      W(26)= 0.13990
W( 8)=-0.02860      W(27)=-0.40949
W( 9)=-1.95140      W(28)=-0.21778
W(10)=-0.06060      W(29)=-0.83391
W(11)=-0.82350      W(30)= 0.80047
W(12)=-0.32680      W(31)= 0.06455
W(13)=-0.17460      W(32)=-0.19658
W(14)=-0.67600      W(33)=-1.06464
W(15)= 0.07070      W(34)=-0.69079
W(16)=-0.59220      W(35)=-0.86146
W(17)= 0.94450      W(36)= 0.22465
W(18)= 0.64990      W(37)=-4.47400
W(19)= 0.47440      W(38)=21.50180

```

2.6 Cálculo dos Resíduos (V) dos valores observados (L_b)

Os resíduos (V) foram calculados através do programa 2, cuja listagem se encontra no Apêndice D. Os dados de entrada são: a matriz B(38,86) dos coeficientes das equações transformadas e o 'vetor erro de fechamento W.

V(1)= -0.00552	V(44)= -0.35472
V(2)= -0.29576	V(45)= 0.51080
V(3)= 0.30129	V(46)= 0.49180
V(4)= 0.83644	V(47)= 0.05719
V(5)= -0.07107	V(48)= 0.36880
V(6)= 0.19351	V(49)= 1.13415
V(7)= -0.14471	V(50)= 0.23795
V(8)= -0.81417	V(51)= -0.83943
V(9)= -0.45315	V(52)= 0.03918
V(10)= 0.45749	V(53)= -0.48491
V(11)= -0.00434	V(54)= -0.37502
V(12)= -0.18674	V(55)= 0.28808
V(13)= -0.94659	V(56)= -0.20941
V(14)= 0.58191	V(57)= 0.47461
V(15)= 0.70351	V(58)= 0.09241
V(16)= -0.15209	V(59)= -0.35761
V(17)= -0.90701	V(60)= 0.23546
V(18)= -0.11378	V(61)= 0.21017
V(19)= 0.32020	V(62)= 0.25191
V(20)= -1.14941	V(63)= -0.52130
V(21)= 0.28691	V(64)= -0.17624
V(22)= 1.03548	V(65)= -0.51318
V(23)= 0.46899	V(66)= -0.42146
V(24)= 0.05862	V(67)= -0.66580
V(25)= 0.72056	V(68)= 0.08404
V(26)= 0.11981	V(69)= -0.42176
V(27)= -0.26753	V(70)= 0.44474
V(28)= -0.78904	V(71)= 0.80804
V(29)= 0.21620	V(72)= 0.76226
V(30)= 0.15038	V(73)= 0.19814
V(31)= -0.44695	V(74)= -0.68050
V(32)= 0.29661	V(75)= 0.48236
V(33)= 0.29639	V(76)= 0.03980
V(34)= -0.00420	V(77)= 0.12813
V(35)= 0.01977	V(78)= -0.31027
V(36)= -0.68458	V(79)= -0.20471
V(37)= -0.05524	V(80)= 0.34706
V(38)= 0.42787	V(81)= -0.08715
V(39)= -0.60431	V(82)= -0.39796
V(40)= -0.02144	V(83)= 0.48511
V(41)= 0.30569	V(84)= -0.17976
V(42)= 0.32006	V(85)= 0.49012
V(43)= -1.07387	V(86)= -0.31036

2.7 Valores ajustados das direções

ESTAÇÃO	ESTAÇÃO VISADA	DIREÇÃO AJUSTADA		
		o	'	"
São João (1)	São Pedro	359	59	59,994
	Passa Três	36	20	31,054
	Porteirinha	72	46	53,391
São Pedro (2)	Serrinha	000	00	00,836
	Tomé	43	17	58,879
	Passa Três	110	09	58,604
	Porteirinha	151	38	32,955
	São João	196	04	20,476
Porteirinha (3)	São João	359	59	59,547
	São Pedro	62	47	20,437
	Passa Três	102	59	34,506
Passa Três (4)	Porteirinha	359	59	59,813
	São João	40	34	03,843
	São Pedro	98	19	12,592
	Serrinha	134	02	41,34
	Tomé	163	04	56,148
Tomé (5)	Passa Três	359	59	59,093
	São Pedro	48	22	17,126
	Serrinha	106	01	01,900
	Jenipapo	149	02	37,771
	Europa	189	25	14,877
	Pontinha	231	32	04,295
	Nortelândia	239	16	23,019
	Espia	277	25	37,759
Serrinha (6)	Jenipapo	000	00	00,721
	Europa	40	24	06,000
	Tomé	104	24	45,162
	Passa Três	149	21	28,701
	São Pedro	183	28	03,366
Jenipapo (7)	Europa	000	00	00,150
	Tomé	63	58	04,053
	Serrinha	96	31	44,777
Europa (8)	Pontinha	000	00	00,296
	Espia	49	59	20,306
	Nortelândia	57	17	41,930
	Tomé	98	22	39,205
	Serrinha	130	57	48,465
	Jenipapo	174	01	59,838
Nortelândia (9)	Tomé	359	59	59,396
	Europa	89	03	55,159
	Pontinha	166	40	08,346
	Espia	253	44	53,810

Quadro 2.7.-1

ESTAÇÃO	ESTAÇÃO VISADA	DIREÇÃO AJUSTADA		
		o	'	"
Espia (10)	Tomé	359	00	58,926
	Nortelândia	35	35	39,635
	Europa	43	36	19,691
	Pontinha	89	54	41,002
	Estiva	123	56	01,627
	Dourado	117	16	18,459
Pontinha (11)	Santana	000	00	01,134
	Dourado	28	29	07,358
	Estiva	40	18	52,611
	Espia	54	37	03,579
	Nortelândia	93	13	18,235
	Tomé	98	48	50,885
	Europa	138	19	25,008
Estiva (12)	Pontinha	359	59	59,791
	Santana	51	42	54,585
	Dourado	144	50	26,532
	Espia	228	19	30,842
Santana (13)	Peixe	000	00	00,235
	Catingueiro	25	34	47,170
	Dourado	68	56	12,932
	Estiva	106	21	13,579
	Pontinha	194	19	28,144
Dourado (14)	Espia	359	00	59,487
	Estiva	43	10	38,719
	Pontinha	66	30	27,214
	Santana	92	38	06,674
	Peixe	140	33	01,848
	Catingueiro	170	49	14,555
	Lajes	203	11	46,748
	Uruaçu	249	40	11,612
Peixe (15)	Catingueiro	000	00	00,198
	Dourado	49	13	15,160
	Santana	112	22	08,212
Catingueiro (16)	Lajes	000	00	00,040
	Uruaçu	60	21	11,428
	Dourado	117	16	33,700
	Santana	175	44	02,995
	Peixe	217	47	06,537
Lajes (17)	Uruaçu	159	50	32,833
	Dourado	202	54	43,102
	Catingueiro	233	15	37,975
Uruaçu (18)	Dourado	359	59	59,820
	Catingueiro	44	13	41,400
	Lajes	90	27	25,870

Quadro 2.7.-1 (continuação)

2.8 Cálculo do fator variância a posteriori ($\hat{\sigma}_0^2$) e da matriz variância-covariância dos valores observados ajustados (Σ_{L_a})

O fator variância a posteriori e a matriz variância-covariância, foram calculados de acordo com o formulário do item 2.2, e segundo o programa 2 (Apêndice D):

$$\hat{\sigma}_0^2 = 0.5241D\ 00$$

Devido às dimensões da matriz variância-covariância, não apresentamos as covariâncias dos valores observados ajustados, limitando-nos à apresentação das variâncias dos valores observados ajustados, mostrados abaixo:

D(1, 1) = 0.32424	D(2, 2) = 0.27127	D(3, 3) = 0.36705
D(4, 4) = 0.32446	D(5, 5) = 0.29573	D(6, 6) = 0.32598
D(7, 7) = 0.30750	D(8, 8) = 0.29139	D(9, 9) = 0.37267
D(10,10) = 0.28283	D(11,11) = 0.34703	D(12,12) = 0.34951
D(13,13) = 0.25524	D(14,14) = 0.29176	D(15,15) = 0.21588
D(16,16) = 0.30042	D(17,17) = 0.31662	D(18,18) = 0.30713
D(19,19) = 0.32003	D(20,20) = 0.28296	D(21,21) = 0.26795
D(22,22) = 0.19314	D(23,23) = 0.22791	D(24,24) = 0.29103
D(25,25) = 0.24413	D(26,26) = 0.26077	D(27,27) = 0.29695
D(28,28) = 0.22352	D(29,29) = 0.30947	D(30,30) = 0.36216
D(31,31) = 0.26050	D(32,32) = 0.32428	D(33,33) = 0.30318
D(34,34) = 0.16511	D(35,35) = 0.21227	D(36,36) = 0.25221
D(37,37) = 0.25542	D(38,38) = 0.36478	D(39,39) = 0.34528
D(40,40) = 0.32465	D(41,41) = 0.32674	D(42,42) = 0.34529
D(43,43) = 0.27935	D(44,44) = 0.22185	D(45,45) = 0.16854
D(46,46) = 0.24240	D(47,47) = 0.29174	D(48,48) = 0.34400

$D(49,49) = 0.31889$	$D(50,50) = 0.17392$	$D(51,51) = 0.16327$
$D(52,52) = 0.20846$	$D(53,53) = 0.20960$	$D(54,54) = 0.14537$
$D(55,55) = 0.30056$	$D(56,56) = 0.32292$	$D(57,57) = 0.34461$
$D(58,58) = 0.22654$	$D(59,59) = 0.35778$	$D(60,60) = 0.34186$
$D(61,61) = 0.24453$	$D(62,62) = 0.29378$	$D(63,63) = 0.32989$
$D(64,64) = 0.25051$	$D(65,65) = 0.21225$	$D(66,66) = 0.26330$
$D(67,67) = 0.21230$	$D(68,68) = 0.27152$	$D(69,69) = 0.30431$
$D(70,70) = 0.28690$	$D(71,71) = 0.23831$	$D(72,72) = 0.27644$
$D(73,73) = 0.36341$	$D(74,74) = 0.28315$	$D(75,75) = 0.35090$
$D(76,76) = 0.36264$	$D(77,77) = 0.22320$	$D(78,78) = 0.29519$
$D(79,79) = 0.25427$	$D(80,80) = 0.35887$	$D(81,81) = 0.36096$
$D(82,82) = 0.25110$	$D(83,83) = 0.33045$	$D(84,84) = 0.34661$
$D(85,85) = 0.32210$	$D(86,86) = 0.37735$	

2.8.1 Desvios-padrão dos valores observados ajustados (σ)

Nº	$\sigma(\eta)$	Nº	$\sigma(\eta)$	Nº	$\sigma(\eta)$	Nº	$\sigma(\eta)$
01	0,569	23	0,488	45	0,411	67	0,461
02	0,521	24	0,539	46	0,493	68	0,521
03	0,606	25	0,587	47	0,540	69	0,552
04	0,570	26	0,511	48	0,587	70	0,536
05	0,547	27	0,545	49	0,565	71	0,488
06	0,571	28	0,473	50	0,417	72	0,526
07	0,555	29	0,556	51	0,404	73	0,603
08	0,540	30	0,602	52	0,457	74	0,532
09	0,610	31	0,510	53	0,458	75	0,592
10	0,532	32	0,578	54	0,381	76	0,602
11	0,589	33	0,551	55	0,548	77	0,569
12	0,591	34	0,406	56	0,568	78	0,543
13	0,505	35	0,482	57	0,587	79	0,504
14	0,540	36	0,502	58	0,571	80	0,599
15	0,465	37	0,505	59	0,598	81	0,601
16	0,548	38	0,604	60	0,585	82	0,501
17	0,563	39	0,588	61	0,494	83	0,575
18	0,554	40	0,578	62	0,542	84	0,589
19	0,566	41	0,572	63	0,574	85	0,568
20	0,532	42	0,588	64	0,592	86	0,614
21	0,518	43	0,529	65	0,559		
22	0,391	44	0,482	66	0,513		

Quadro 2.8.1.-1

2.9 Cálculo definitivo dos triângulos

O cálculo definitivo dos triângulos está apresentado no Apêndice E, segundo o que precreve o teorema de Legendre para a Resolução de triângulos geodésicos.

2.10 Transporte definitivo de coordenadas

No quadro 2.10.-1, estão listadas as coordenadas das posições obtidas pelo transporte final de coordenadas, utilizando-se as fórmulas de Puissant; o cálculo foi executado através do programa 1 (Apêndice D).

ESTAÇÃO		LATITUDE (S)			LONGITUDE (W)		
Nº	NOME	°	'	"	°	'	"
01	São João	15	18	31,184	48	46	42,324
02	São Pedro	15	14	54,289	49	03	27,018
03	Porteirinha	15	05	27,387	48	47	48,893
04	Passa Três	15	03	43,610	49	00	00,371
05	Tomé	15	05	51,699	49	14	36,919
06	Serrinha	15	15	38,408	49	15	56,445
07	Jenipapo	15	17	08,306	49	28	43,725
08	Europa	15	05	35,549	49	31	33,357
09	Nortelândia	14	57	28,877	49	21	39,351
10	Espia	14	48	01,164	49	14	57,922
11	Pontinha	14	48	23,108	49	33	51,247
12	Estiva	14	44	43,275	49	20	12,833
13	Santana	14	39	26,869	49	27	35,829
14	Dourado	14	39	12,684	49	15	34,165
15	Peixe	14	30	17,271	49	24	11,278
16	Catingueiro	14	30	01,064	49	17	44,833
17	Lages	14	23	33,177	49	09	55,167
18	Uruaçu	14	34	34,234	49	04	57,002

Quadro 2.10.-1

2.11 Comentários

a) No presente trabalho executamos a linearização da equação de condição de comprimento, pelo método clássico e por Taylor [16]; os quais nos conduziram ao mesmo resultado final.

b) O cálculo com elevado número de casas decimais, não significa e nem está relacionado com a precisão dos resultados. No trabalho, fizemos testes neste sentido e constatamos que o número elevado de casas decimais durante o cálculo, é somente uma forma de se evitar erros de truncamento.

c) A análise dos resíduos (Vetor V), mostra que eles possuem a mesma ordem de grandeza da precisão nominal das leituras instrumentais (WILD T-3 ou similar).

d) A matriz variância-covariância dos valores observados ajustados, mostra que os desvios-padrão estão dentro da ordem de grandeza das leituras instrumentais, ou seja, próximo de $\pm 0,500$ segundos de arco (ver tabela 2.8.1.-1).

e) O desconhecimento das coordenadas fixas dos vértices Uruaçu e Lages, impediu a formação das equações de condição de latitude e longitude, não nos permitindo a verificação das coordenadas após o transporte definitivo.

CAPÍTULO III

AJUSTAMENTO PELO MÉTODO DE VARIAÇÃO DE COORDENADAS

3.1 Introdução

Iremos aqui, realizar o ajustamento do trecho da cadeia de triangulação (ver fig. 2.1.-1), pelo método de variação de coordenadas. O desenvolvimento do ajustamento foi executado através de um computador (IBM/360), tendo como dados de entrada as coordenadas provisórias e as direções observadas.

Além do cálculo das correções a serem incorporados às coordenadas provisórias, são calculadas também a variância da unidade de peso a posteriori e a matriz variância-covariância dos parâmetros ajustados.

Alertamos para o fato de que apresentamos o desenvolvimento do cálculo do ajustamento, com os valores das coordenadas provisórias obtidas pelo transporte de coordenadas, juntamente com os valores das coordenadas provisórias "melhoradas", ou seja, com a realização de uma iteração.

3.2 Formulário

As fórmulas aqui apresentadas em notação matricial provêm de [17].

O método paramétrico ou das equações de observação, caracteriza-se pelo modelo matemático:

$$\text{EQUAÇÕES DE OBSERVAÇÃO: } L_a = F(X_a) \quad (3.2.-1)$$

L_a : Vetor dos valores observados ajustados

X_a : Vetor dos parâmetros ajustados

$$\text{VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS: } u X_1 = X_a - X_0 \quad (3.2.-2)$$

X_0 : Vetor dos valores aproximados dos parâmetros

X : Vetor das correções aos parâmetros, a determinar no ajustamento

o desenvolvimento de Taylor conduz ao modelo linearizado:

$$n A_u u X_1 + n L_1 = n V_1 \quad (3.2.-3)$$

$$n A_u = \left. \frac{\partial F}{\partial X_a} \right|_{X_0} \quad (3.2.-4)$$

$$n L_1 = L_0 - L_b \quad (3.2.-5)$$

$$n L_{0_1} = F(X_0) \quad (3.2.-6)$$

$$n V_1 = L_a - L_b \quad (3.2.-7)$$

$n L_{b_1}$: valores observados

$n L_{0_1}$: Vetor dos valores observados, calculados em função dos valores aproximados dos parâmetros (X_0)

$n V_1$: Vetor dos resíduos que transformam os valores observados em ajustados

n : número de observações

u : número de parâmetros

MATRIZ DOS PESOS:
$${}_n P_n = \sigma_0^2 \Sigma_{L_b}^{-1} \quad (3.2.-8)$$

σ_0^2 : Variância da unidade de peso a priori

Σ_{L_b} : Matriz variância-covariância dos valores observados

EQUAÇÕES NORMAIS:
$${}_u N_u {}_u X_1 + {}_u U_n = 0 \quad \text{ou} \quad X = -N^{-1}U \quad (3.2.-9)$$

$${}_u U_1 = A^T_{PL} \quad (3.2.-10)$$

$${}_u N_u = A^T_{PA} \quad (3.2.-11)$$

MATRIZ VARIÂNCIA-COVARIÂNCIA DOS PARÂMETROS AJUSTADOS:

$$\Sigma_{X_a_u} = \hat{\sigma}_0^2 N^{-1} \quad (3.2.-12)$$

VARIÂNCIA DA UNIDADE DE PESO A POSTERIORI:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T P V}{n - u} = \frac{L^T P L + X^T U}{n - u} \quad (3.2.-13)$$

3.2.1 Fórmulas iterativas

As fórmulas aqui apresentadas para a i-ésima iteração, foram retiradas de [18]:

EQUAÇÕES DE OBSERVAÇÃO:
$$F(X_{a_i}) = L_{a_i} \quad (3.2.1.-1)$$

MODELO LINEARIZADO:
$$A_i X_i + L_i = V_i \quad (3.2.1.-2)$$

$$A_i = \left. \frac{\partial F}{\partial X} \right|_{a_i X_{a_{i-1}}} \quad (3.2.1.-3)$$

$$L_i = F(X_{a_{i-1}}) - L_b \quad (3.2.1.-4)$$

$$\text{EQUAÇÕES NORMAIS:} \quad X_i = -(A_i^T P A_i)^{-1} A_i^T P L_i \quad (3.2.1.-5)$$

$$\text{RESÍDUOS:} \quad V_i = A_i X_i + L_i \quad (3.2.1.-6)$$

$$\text{PARÂMETROS AJUSTADOS:} \quad X_{a_i} = X_{a_{i-1}} + X_i \quad (3.2.1.-7)$$

VARIÂNCIA DA UNIDADE DE PESO A POSTERIORI:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V_i^T P V_i}{n-u} \quad (3.2.1.-8)$$

MATRIZ VARIÂNCIA-COVARIÂNCIA DOS PARÂMETROS AJUSTADOS:

$$\Sigma X_{a_i} = \hat{\sigma}_0^2 (A_i^T P A_i)^{-1} \quad (3.2.1.-9)$$

3.3 Equações de Observação

As equações de observação utilizadas no ajustamento do trecho da cadeia de triangulação (Fig. 2.1.-1), representam um modelo matemático que envolve as incógnitas e a discrepância entre os valores observados e calculados. Seu estabelecimento está fundamentado em fórmulas diferenciais, que exprimem a variação de uma direção como função da variação de coordenadas.

As fórmulas diferenciais (para o elipsóide) apresentadas a seguir, foram extraídas de [19]:

$$d\alpha_{ij}^* = a_{ij} \cdot d\phi_i + b_{ij} \cdot d\lambda_i + c_{ij} \cdot d\phi_j + d_{ij} \cdot d\lambda_j \quad (3.3.-1)$$

* Longitude positiva a leste

sendo

$$a_{ij} = \frac{M_i \operatorname{sen} \alpha_{ij}}{s_{ij}} \quad (3.3.-2)$$

$$b_{ij} = \frac{N_j \cos \phi_j \cos \alpha_{ji}}{s_{ij}} \quad (3.3.-3)$$

$$c_{ij} = \frac{M_j \operatorname{sen} \alpha_{ji}}{s_{ij}} \quad (3.3.-4)$$

$$d_{ij} = -b_{ij} \quad (3.3.-5)$$

M: Raio da seção meridiana

N: Raio da seção primeiro vertical

3.3.1 Equações de observação relativas a direções

A expressão 3.3.-1, é a fórmula teórica de observação. Para passá-la ao aspecto prático, de forma que exprima a variação do azimute como função da discrepância entre o valor calculado e o observado $|20|$, façamos:

$$d\alpha_{ij} = (\alpha_{ij}^0 - \alpha_{ij}^c) + v_i \quad (3.3.1.-1)$$

onde

α_{ij}^0 : azimute observado

α_{ij}^c : azimute calculado (problema inverso)

v_i : resíduos

Pelo fato de tratarmos com direções observadas (D_{ij}^0) e não azimutes observados (α_{ij}^0):

$$\alpha_{ij}^0 = D_{ij}^0 + Z_i \quad (3.3.1.-2)$$

A constante de orientação (Z_i), é obtida para cada vértice, como a média das diferenças entre os azimutes calculados e as direções observadas [21]; na forma compacta:

$$Z_i = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{ij}^c - \sum_{j=1}^n D_{ij}^o}{n} \quad (3.3.1.-3)$$

assumindo a (3.3.-1), o aspecto:

$$a_{ij} d\phi_i + b_{ij} d\lambda_i + c_{ij} d\phi_j + d_{ij} d\lambda_j - dZ_i - (\alpha_{ij}^o - \alpha_{ij}^c) = v_i \quad (3.3.1.-3)$$

onde dZ_i é a incógnita suplementar relativa à constante de orientação (Z_i).

3.3.1.1. Número de equações de Observação e Incógnitæ

Para cada vértice novo da cadeia há 3 incógnitas; que são as 2 (duas) variações de coordenadas, e mais a correção da constante de orientação (as incógnitas suplementares podem ser eliminadas pelo método Schreiber [22] e [23], escrevendo-se para cada vértice uma equação suplementar). O número de equações de observação é igual ao de direções observadas; para o caso, teremos 84 equações de observação relativas à direção, e uma equação vinculada ao azimuth de Laplace (Uruguá-Dourado) [24] e [25]. Assim, teremos 85 equações de observação e 46 incógnitas a determinar.

3.3.1.2 Formação das equações de observação

O conjunto das equações de observação, formado por equações do tipo (3.3.1.-4), é:

		$c_{1,3}d\phi_3$	$+d_{1,3}d\lambda_3$		$-(\alpha_{1,3}^0 - \alpha_{1,3}^C) = v_1$
		$c_{1,4}d\phi_4$	$+d_{1,4}d\lambda_4$		$-(\alpha_{1,4}^0 - \alpha_{1,4}^C) = v_2$
		$c_{2,3}d\phi_3$	$+d_{2,3}d\lambda_3$		$-(\alpha_{2,3}^0 - \alpha_{2,3}^C) = v_3$
		$c_{2,4}d\phi_4$	$+d_{2,4}d\lambda_4$		$-(\alpha_{2,4}^0 - \alpha_{2,4}^C) = v_4$
		$c_{2,5}d\phi_5$	$+d_{2,5}d\lambda_5$		$-(\alpha_{2,5}^0 - \alpha_{2,5}^C) = v_5$
		$c_{2,6}d\phi_6$	$+d_{2,6}d\lambda_6$		$-(\alpha_{2,6}^0 - \alpha_{2,6}^C) = v_6$
$a_{3,1}d\phi_3$	$+b_{3,1}d\lambda_3$			$-dz_3$	$-(\alpha_{3,1}^0 - \alpha_{3,1}^C) = v_7$
$a_{3,2}d\phi_3$	$+b_{3,2}d\lambda_3$			$-dz_3$	$-(\alpha_{3,2}^0 - \alpha_{3,2}^C) = v_8$
$a_{3,4}d\phi_3$	$+b_{3,4}d\lambda_3$	$+c_{3,4}d\phi_4$	$+d_{3,4}d\lambda_4$	$-dz_3$	$-(\alpha_{3,4}^0 - \alpha_{3,4}^C) = v_9$
$a_{4,1}d\phi_4$	$+b_{4,1}d\lambda_4$			$-dz_4$	$-(\alpha_{4,1}^0 - \alpha_{4,1}^C) = v_{10}$
$a_{4,2}d\phi_4$	$+b_{4,2}d\lambda_4$			$-dz_4$	$-(\alpha_{4,2}^0 - \alpha_{4,2}^C) = v_{11}$
$a_{4,3}d\phi_4$	$+b_{4,3}d\lambda_4$	$+c_{4,3}d\phi_3$	$+d_{4,3}d\lambda_3$	$-dz_4$	$-(\alpha_{4,3}^0 - \alpha_{4,3}^C) = v_{12}$
$a_{4,5}d\phi_4$	$+b_{4,5}d\lambda_4$	$+c_{4,5}d\phi_5$	$+d_{4,5}d\lambda_5$	$-dz_4$	$-(\alpha_{4,5}^0 - \alpha_{4,5}^C) = v_{13}$
$a_{4,6}d\phi_4$	$+b_{4,6}d\lambda_4$	$+c_{4,6}d\phi_6$	$+d_{4,6}d\lambda_6$	$-dz_4$	$-(\alpha_{4,6}^0 - \alpha_{4,6}^C) = v_{14}$
$a_{5,2}d\phi_5$	$+b_{5,2}d\lambda_5$			$-dz_5$	$-(\alpha_{5,2}^0 - \alpha_{5,2}^C) = v_{15}$
$a_{5,4}d\phi_5$	$+b_{5,4}d\lambda_5$	$+c_{5,4}d\phi_4$	$+d_{5,4}d\lambda_4$	$-dz_5$	$-(\alpha_{5,4}^0 - \alpha_{5,4}^C) = v_{16}$
$a_{5,6}d\phi_5$	$+b_{5,6}d\lambda_5$	$+c_{5,6}d\phi_6$	$+d_{5,6}d\lambda_6$	$-dz_5$	$-(\alpha_{5,6}^0 - \alpha_{5,6}^C) = v_{17}$
$a_{5,7}d\phi_5$	$+b_{5,7}d\lambda_5$	$+c_{5,7}d\phi_7$	$+d_{5,7}d\lambda_7$	$-dz_5$	$-(\alpha_{5,7}^0 - \alpha_{5,7}^C) = v_{18}$
$a_{5,8}d\phi_5$	$+b_{5,8}d\lambda_5$	$+c_{5,8}d\phi_8$	$+d_{5,8}d\lambda_8$	$-dz_5$	$-(\alpha_{5,8}^0 - \alpha_{5,8}^C) = v_{19}$
$a_{5,9}d\phi_5$	$+b_{5,9}d\lambda_5$	$+c_{5,9}d\phi_9$	$+d_{5,9}d\lambda_9$	$-dz_5$	$-(\alpha_{5,9}^0 - \alpha_{5,9}^C) = v_{20}$
$a_{5,10}d\phi_5$	$+b_{5,10}d\lambda_5$	$+c_{5,10}d\phi_{10}$	$+d_{5,10}d\lambda_{10}$	$-dz_5$	$-(\alpha_{5,10}^0 - \alpha_{5,10}^C) = v_{21}$
$a_{5,11}d\phi_5$	$+b_{5,11}d\lambda_5$	$+c_{5,11}d\phi_{11}$	$+d_{5,11}d\lambda_{11}$	$-dz_5$	$-(\alpha_{5,11}^0 - \alpha_{5,11}^C) = v_{22}$
$a_{6,2}d\phi_6$	$+b_{6,2}d\lambda_6$			$-dz_6$	$-(\alpha_{6,2}^0 - \alpha_{6,2}^C) = v_{23}$
$a_{6,4}d\phi_6$	$+b_{6,4}d\lambda_6$	$+c_{6,4}d\phi_4$	$+d_{6,4}d\lambda_4$	$-dz_6$	$-(\alpha_{6,4}^0 - \alpha_{6,4}^C) = v_{24}$
$a_{6,5}d\phi_6$	$+b_{6,5}d\lambda_6$	$+c_{6,5}d\phi_5$	$+d_{6,5}d\lambda_5$	$-dz_6$	$-(\alpha_{6,5}^0 - \alpha_{6,5}^C) = v_{25}$
$a_{6,7}d\phi_6$	$+b_{6,7}d\lambda_6$	$+c_{6,7}d\phi_7$	$+d_{6,7}d\lambda_7$	$-dz_6$	$-(\alpha_{6,7}^0 - \alpha_{6,7}^C) = v_{26}$
$a_{6,8}d\phi_6$	$+b_{6,8}d\lambda_6$	$+c_{6,8}d\phi_8$	$+d_{6,8}d\lambda_8$	$-dz_6$	$-(\alpha_{6,8}^0 - \alpha_{6,8}^C) = v_{27}$
$a_{7,5}d\phi_7$	$+b_{7,5}d\lambda_7$	$+c_{7,5}d\phi_5$	$+d_{7,5}d\lambda_5$	$-dz_7$	$-(\alpha_{7,5}^0 - \alpha_{7,5}^C) = v_{28}$

$$\begin{aligned}
a_{7,6} d\phi_7 + b_{7,6} d\lambda_7 + c_{7,6} d\phi_6 + d_{7,6} d\lambda_6 - dz_7 - (\alpha_{7,6}^0 - \alpha_{7,6}^C) &= v_{29} \\
a_{7,8} d\phi_7 + b_{7,8} d\lambda_7 + c_{7,8} d\phi_8 + d_{7,8} d\lambda_8 - dz_7 - (\alpha_{7,8}^0 - \alpha_{7,8}^C) &= v_{30} \\
a_{8,5} d\phi_8 + b_{8,5} d\lambda_8 + c_{8,5} d\phi_5 + d_{8,5} d\lambda_5 - dz_8 - (\alpha_{8,5}^0 - \alpha_{8,5}^C) &= v_{31} \\
a_{8,6} d\phi_8 + b_{8,6} d\lambda_8 + c_{8,6} d\phi_6 + d_{8,6} d\lambda_6 - dz_8 - (\alpha_{8,6}^0 - \alpha_{8,6}^C) &= v_{32} \\
a_{8,7} d\phi_8 + b_{8,7} d\lambda_8 + c_{8,7} d\phi_7 + d_{8,7} d\lambda_7 - dz_8 - (\alpha_{8,7}^0 - \alpha_{8,7}^C) &= v_{33} \\
a_{8,9} d\phi_8 + b_{8,9} d\lambda_8 + c_{8,9} d\phi_9 + d_{8,9} d\lambda_9 - dz_8 - (\alpha_{8,9}^0 - \alpha_{8,9}^C) &= v_{34} \\
a_{8,10} d\phi_8 + b_{8,10} d\lambda_8 + c_{8,10} d\phi_{10} + d_{8,10} d\lambda_{10} - dz_8 - (\alpha_{8,10}^0 - \alpha_{8,10}^C) &= v_{35} \\
a_{8,11} d\phi_8 + b_{8,11} d\lambda_8 + c_{8,11} d\phi_{11} + d_{8,11} d\lambda_{11} - dz_8 - (\alpha_{8,11}^0 - \alpha_{8,11}^C) &= v_{36} \\
a_{9,5} d\phi_9 + b_{9,5} d\lambda_9 + c_{9,5} d\phi_5 + d_{9,5} d\lambda_5 - dz_9 - (\alpha_{9,5}^0 - \alpha_{9,5}^C) &= v_{37} \\
a_{9,8} d\phi_9 + b_{9,8} d\lambda_9 + c_{9,8} d\phi_8 + d_{9,8} d\lambda_8 - dz_9 - (\alpha_{9,8}^0 - \alpha_{9,8}^C) &= v_{38} \\
a_{9,10} d\phi_9 + b_{9,10} d\lambda_9 + c_{9,10} d\phi_{10} + d_{9,10} d\lambda_{10} - dz_9 - (\alpha_{9,10}^0 - \alpha_{9,10}^C) &= v_{39} \\
a_{9,11} d\phi_9 + b_{9,11} d\lambda_9 + c_{9,11} d\phi_{11} + d_{9,11} d\lambda_{11} - dz_9 - (\alpha_{9,11}^0 - \alpha_{9,11}^C) &= v_{40} \\
a_{10,5} d\phi_{10} + b_{10,5} d\lambda_{10} + c_{10,5} d\phi_5 + d_{10,5} d\lambda_5 - dz_{10} - (\alpha_{10,5}^0 - \alpha_{10,5}^C) &= v_{41} \\
a_{10,8} d\phi_{10} + b_{10,8} d\lambda_{10} + c_{10,8} d\phi_8 + d_{10,8} d\lambda_8 - dz_{10} - (\alpha_{10,8}^0 - \alpha_{10,8}^C) &= v_{42} \\
a_{10,9} d\phi_{10} + b_{10,9} d\lambda_{10} + c_{10,9} d\phi_9 + d_{10,9} d\lambda_9 - dz_{10} - (\alpha_{10,9}^0 - \alpha_{10,9}^C) &= v_{43} \\
a_{10,11} d\phi_{10} + b_{10,11} d\lambda_{10} + c_{10,11} d\phi_{11} + d_{10,11} d\lambda_{11} - dz_{10} - (\alpha_{10,11}^0 - \alpha_{10,11}^C) &= v_{44} \\
a_{10,12} d\phi_{10} + b_{10,12} d\lambda_{10} + c_{10,12} d\phi_{12} + d_{10,12} d\lambda_{12} - dz_{10} - (\alpha_{10,12}^0 - \alpha_{10,12}^C) &= v_{45} \\
a_{10,14} d\phi_{10} + b_{10,14} d\lambda_{10} + c_{10,14} d\phi_{14} + d_{10,14} d\lambda_{14} - dz_{10} - (\alpha_{10,14}^0 - \alpha_{10,14}^C) &= v_{46} \\
a_{11,5} d\phi_{11} + b_{11,5} d\lambda_{10} + c_{11,5} d\phi_5 + d_{11,5} d\lambda_5 - dz_{11} - (\alpha_{11,5}^0 - \alpha_{11,5}^C) &= v_{47} \\
a_{11,8} d\phi_{11} + b_{11,8} d\lambda_{11} + c_{11,8} d\phi_8 + d_{11,8} d\lambda_8 - dz_{11} - (\alpha_{11,8}^0 - \alpha_{11,8}^C) &= v_{48} \\
a_{11,9} d\phi_{11} + b_{11,9} d\lambda_{11} + c_{11,9} d\phi_9 + d_{11,9} d\lambda_9 - dz_{11} - (\alpha_{11,9}^0 - \alpha_{11,9}^C) &= v_{49} \\
a_{11,10} d\phi_{11} + b_{11,10} d\lambda_{11} + c_{11,10} d\phi_{10} + d_{11,10} d\lambda_{10} - dz_{11} - (\alpha_{11,10}^0 - \alpha_{11,10}^C) &= v_{50} \\
a_{11,12} d\phi_{11} + b_{11,12} d\lambda_{11} + c_{11,12} d\phi_{12} + d_{11,12} d\lambda_{12} - dz_{11} - (\alpha_{11,12}^0 - \alpha_{11,12}^C) &= v_{51} \\
a_{11,13} d\phi_{11} + b_{11,13} d\lambda_{11} + c_{11,13} d\phi_{13} + d_{11,13} d\lambda_{13} - dz_{11} - (\alpha_{11,13}^0 - \alpha_{11,13}^C) &= v_{52} \\
a_{11,14} d\phi_{11} + b_{11,14} d\lambda_{11} + c_{11,14} d\phi_{14} + d_{11,14} d\lambda_{14} - dz_{11} - (\alpha_{11,14}^0 - \alpha_{11,14}^C) &= v_{53} \\
a_{12,10} d\phi_{12} + b_{12,10} d\lambda_{12} + c_{12,10} d\phi_{10} + d_{12,10} d\lambda_{10} - dz_{12} - (\alpha_{12,10}^0 - \alpha_{12,10}^C) &= v_{54} \\
a_{12,11} d\phi_{12} + b_{12,11} d\lambda_{12} + c_{12,11} d\phi_{11} + d_{12,11} d\lambda_{11} - dz_{12} - (\alpha_{12,11}^0 - \alpha_{12,11}^C) &= v_{55} \\
a_{12,13} d\phi_{12} + b_{12,13} d\lambda_{12} + c_{12,13} d\phi_{13} + d_{12,13} d\lambda_{13} - dz_{12} - (\alpha_{12,13}^0 - \alpha_{12,13}^C) &= v_{56} \\
a_{12,14} d\phi_{12} + b_{12,14} d\lambda_{12} + c_{12,14} d\phi_{14} + d_{12,14} d\lambda_{14} - dz_{12} - (\alpha_{12,14}^0 - \alpha_{12,14}^C) &= v_{57}
\end{aligned}$$

$a_{13,11}^{d\phi}$	$+b_{13,11}^{d\lambda}$	$+c_{13,11}^{d\phi}$	$+d_{13,11}^{d\lambda}$	$-dz_{13}$	$-(\alpha_{13,11}^0 - \alpha_{13,11}^C) = v_{58}$
$a_{13,12}^{d\phi}$	$+b_{13,12}^{d\lambda}$	$+c_{13,12}^{d\phi}$	$+d_{13,12}^{d\lambda}$	$-dz_{13}$	$-(\alpha_{13,12}^0 - \alpha_{13,12}^C) = v_{59}$
$a_{13,14}^{d\phi}$	$-b_{13,14}^{d\lambda}$	$+c_{13,14}^{d\phi}$	$+d_{13,14}^{d\lambda}$	$-dz_{13}$	$-(\alpha_{13,14}^0 - \alpha_{13,14}^C) = v_{60}$
$a_{13,15}^{d\phi}$	$+b_{13,15}^{d\lambda}$	$+c_{13,15}^{d\phi}$	$+d_{13,15}^{d\lambda}$	$-dz_{13}$	$-(\alpha_{13,15}^0 - \alpha_{13,15}^C) = v_{61}$
$a_{13,16}^{d\phi}$	$+b_{13,16}^{d\lambda}$	$+c_{13,16}^{d\phi}$	$+d_{13,16}^{d\lambda}$	$-dz_{13}$	$-(\alpha_{13,16}^0 - \alpha_{13,16}^C) = v_{62}$
$a_{14,10}^{d\phi}$	$+b_{14,10}^{d\lambda}$	$+c_{14,10}^{d\phi}$	$+d_{14,10}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{14,10}^0 - \alpha_{14,10}^C) = v_{63}$
$a_{14,11}^{d\phi}$	$+b_{14,11}^{d\lambda}$	$+c_{14,11}^{d\phi}$	$+d_{14,11}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{14,11}^0 - \alpha_{14,11}^C) = v_{64}$
$a_{14,12}^{d\phi}$	$+b_{14,12}^{d\lambda}$	$+c_{14,12}^{d\phi}$	$+d_{14,12}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{14,12}^0 - \alpha_{14,12}^C) = v_{65}$
$a_{14,13}^{d\phi}$	$+b_{14,13}^{d\lambda}$	$+c_{14,13}^{d\phi}$	$+d_{14,13}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{14,13}^0 - \alpha_{14,13}^C) = v_{66}$
$a_{14,15}^{d\phi}$	$+b_{14,15}^{d\lambda}$	$+c_{14,15}^{d\phi}$	$+d_{14,15}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{14,15}^0 - \alpha_{14,15}^C) = v_{67}$
$a_{14,16}^{d\phi}$	$+b_{14,16}^{d\lambda}$	$+c_{14,16}^{d\phi}$	$+d_{14,16}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{14,16}^0 - \alpha_{14,16}^C) = v_{68}$
$a_{14,17}^{d\phi}$	$+b_{14,17}^{d\lambda}$	$+c_{14,17}^{d\phi}$	$+d_{14,17}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{14,17}^0 - \alpha_{14,17}^C) = v_{69}$
$a_{14,18}^{d\phi}$	$+b_{14,18}^{d\lambda}$	$+c_{14,18}^{d\phi}$	$+d_{14,18}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{14,18}^0 - \alpha_{14,18}^C) = v_{70}$
$a_{15,13}^{d\phi}$	$+b_{15,13}^{d\lambda}$	$+c_{15,13}^{d\phi}$	$+d_{15,13}^{d\lambda}$	$-dz_{15}$	$-(\alpha_{15,13}^0 - \alpha_{15,13}^C) = v_{71}$
$a_{15,14}^{d\phi}$	$+b_{15,14}^{d\lambda}$	$+c_{15,14}^{d\phi}$	$+d_{15,14}^{d\lambda}$	$-dz_{15}$	$-(\alpha_{15,14}^0 - \alpha_{15,14}^C) = v_{72}$
$a_{15,16}^{d\phi}$	$+b_{15,16}^{d\lambda}$	$+c_{15,16}^{d\phi}$	$+d_{15,16}^{d\lambda}$	$-dz_{15}$	$-(\alpha_{15,16}^0 - \alpha_{15,16}^C) = v_{73}$
$a_{16,13}^{d\phi}$	$+b_{16,13}^{d\lambda}$	$+c_{16,13}^{d\phi}$	$+d_{16,13}^{d\lambda}$	$-dz_{16}$	$-(\alpha_{16,13}^0 - \alpha_{16,13}^C) = v_{74}$
$a_{16,14}^{d\phi}$	$+b_{16,14}^{d\lambda}$	$+c_{16,14}^{d\phi}$	$+d_{16,14}^{d\lambda}$	$-dz_{16}$	$-(\alpha_{16,14}^0 - \alpha_{16,14}^C) = v_{75}$
$a_{16,15}^{d\phi}$	$+b_{16,15}^{d\lambda}$	$+c_{16,15}^{d\phi}$	$+d_{16,15}^{d\lambda}$	$-dz_{16}$	$-(\alpha_{16,15}^0 - \alpha_{16,15}^C) = v_{76}$
$a_{16,17}^{d\phi}$	$+b_{16,17}^{d\lambda}$	$+c_{16,17}^{d\phi}$	$+d_{16,17}^{d\lambda}$	$-dz_{16}$	$-(\alpha_{16,17}^0 - \alpha_{16,17}^C) = v_{77}$
$a_{16,18}^{d\phi}$	$+b_{16,18}^{d\lambda}$	$+c_{16,18}^{d\phi}$	$+d_{16,18}^{d\lambda}$	$-dz_{16}$	$-(\alpha_{16,18}^0 - \alpha_{16,18}^C) = v_{78}$
$a_{17,14}^{d\phi}$	$+b_{17,14}^{d\lambda}$	$+c_{17,14}^{d\phi}$	$+d_{17,14}^{d\lambda}$	$-dz_{17}$	$-(\alpha_{17,14}^0 - \alpha_{17,14}^C) = v_{79}$
$a_{17,16}^{d\phi}$	$+b_{17,16}^{d\lambda}$	$+c_{17,16}^{d\phi}$	$+d_{17,16}^{d\lambda}$	$-dz_{17}$	$-(\alpha_{17,16}^0 - \alpha_{17,16}^C) = v_{80}$
$a_{17,18}^{d\phi}$	$+b_{17,18}^{d\lambda}$	$+c_{17,18}^{d\phi}$	$+d_{17,18}^{d\lambda}$	$-dz_{17}$	$-(\alpha_{17,18}^0 - \alpha_{17,18}^C) = v_{81}$
$a_{18,14}^{d\phi}$	$+b_{18,14}^{d\lambda}$	$+c_{18,14}^{d\phi}$	$+d_{18,14}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{18,14}^0 - \alpha_{18,14}^C) = v_{82}$
$a_{18,16}^{d\phi}$	$+b_{18,16}^{d\lambda}$	$+c_{18,16}^{d\phi}$	$+d_{18,16}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{18,16}^0 - \alpha_{18,16}^C) = v_{83}$
$a_{18,17}^{d\phi}$	$+b_{18,17}^{d\lambda}$	$+c_{18,17}^{d\phi}$	$+d_{18,17}^{d\lambda}$		$-(\alpha_{18,17}^0 - \alpha_{18,17}^C) = v_{84}$
$a_{18,14}^d$	$+b_{18,14}^d$	$+c_{18,14}^d$	$+d_{18,14}^d$		$-(A_f^* - A^C) = v_{85}$

* Azimute fixo (Laplace)

3.3.2 Vetor X_0 (valores aproximados dos parâmetros)

As coordenadas provisórias foram obtidas do transporte de coordenadas (problema direto), realizado no item 2.3.4.1. Tal transporte foi executado através do programa 1 (Apêndice D), utilizando-se as fórmulas de Puissant.

As coordenadas provisórias, bem como as "melhoradas" através de uma iteração estão apresentadas no Quadro 3.3.2.-1:

ESTAÇÃO Nº	LATITUDE (S)			LONGITUDE (W)		
	PROVISÓRIAS			PROVISÓRIAS		
	°	'	"	°	'	"
01*	15	18	31,184	48	46	42,324
02*	15	14	54,289	49	03	27,018
03	15	05	27,384	48	47	48,893
04	15	03	43,607	49	00	00,374
05	15	05	51,694	49	14	36,922
06	15	15	38,414	49	15	56,457
07	15	17	08,316	49	28	43,760
08	15	05	35,549	49	31	33,402
09	14	57	28,860	49	21	39,384
10	14	48	01,123	49	14	57,941
11	14	48	23,081	49	33	51,316
12	14	44	43,233	49	20	12,869
13	14	39	26,828	49	27	35,878
14	14	39	12,629	49	15	34,192
15	14	30	17,210	49	24	11,329
16	14	30	00,997	49	17	44,878
17	14	23	33,089	49	09	55,196
18	14	34	34,161	49	04	57,011

Quadro 3.3.2.-1

3.3.3 Cálculo dos azimutes (α_{ij}^C) e distâncias (s_{ij}) - (cadeia calculada)

A partir das coordenadas provisórias (3.3.2), foram calculados os azimutes (α_{ij}^C) e as distâncias (s_{ij}), de todas as dire -

* Pontos fixos

ções. O cálculo foi executado, através do programa 3, sub-rotina PRIV, cuja listagem se encontra no Apêndice D.

Os resultados obtidos utilizando-se as coordenadas provisórias e as "melhoradas", estão apresentadas no Quadro 3.3.3.-1:

ESTAÇÃO Nº	AZIMUTE CALCULADO (α_{ij}^c)		DISTÂNCIA CALCULADA (s_{ij})	
	PROVISÓRIO O " "	MELHORADO "	PROVISÓRIA (m)	MELHORADA (m)
1- 3	175 16 57.667	57.680	24173.241	24173.272
1- 4	138 50 35.388	35.840	36218.166	36218.174
2- 3	238 8 40.845	40.673	32983.805	32983.821
2- 4	196 40 6.151	6.487	21517.838	21517.909
2- 5	129 48 8.207	7.279	26039.659	26039.968
2- 6	86 30 7.753	8.219	22404.850	22404.983
3- 1	355 17 15.121	15.134	24173.241	24173.272
3- 2	58 4 35.357	35.185	32983.805	32983.821
3- 4	58 16 45.881	50.204	22077.819	22077.769
4- 1	318 54 4.433	4.883	36218.166	36218.174
4- 2	16 39 12.127	12.462	21517.838	21517.909
4- 3	278 20 0.146	0.468	22077.819	22077.769
4- 5	81 24 56.725	57.530	26472.678	26473.033
4- 6	52 22 41.029	41.620	36019.420	36019.581
5- 2	309 51 3.544	2.620	26039.659	26039.968
5- 4	261 28 44.773	45.582	26472.678	26473.033
5- 6	7 29 49.719	47.645	18189.420	18189.462
5- 7	50 31 24.921	24.030	32733.523	32733.495
5- 8	90 53 59.365	0.985	30359.242	30359.110
5- 9	140 45 4.990	5.135	19953.142	19953.013
5-10	178 54 20.354	24.232	32911.097	32911.151
5-11	133 0 47.209	50.305	47210.252	47210.262
6- 2	266 33 24.536	25.403	22404.850	22404.983
6- 4	232 26 51.083	51.675	36019.420	36019.581
6- 5	187 30 10.544	8.469	18189.420	18189.462
6- 7	82 5 23.544	23.383	23061.018	23061.085
6- 8	123 29 27.053	28.503	33550.661	33550.862
7- 5	230 35 6.835	5.543	32733.523	32733.495
7- 6	263 8 45.668	45.508	23061.018	23061.085
7- 8	166 37 0.281	1.216	21887.196	21887.509
8- 5	270 58 24.085	25.704	30359.242	30359.110
8- 6	303 33 32.387	33.797	33550.661	33550.862
8- 7	346 37 44.729	45.664	21887.196	21887.509
8- 9	229 53 26.103	28.141	23208.941	23209.084
8-10	222 35 4.399	6.583	43991.808	43992.004
8-11	172 35 43.526	45.543	32000.469	32000.711
9- 5	320 46 54.530	58.671	19953.142	19953.013
9- 8	49 50 52.103	54.139	23208.941	23209.084
9-10	214 31 50.871	53.105	21177.968	21178.020
9-11	127 27 4.534	7.518	27570.028	27570.187
10- 5	358 54 25.816	29.649	32911.097	32911.151
10- 8	42 30 47.647	45.827	43991.808	43992.004

Quadro 3.3.3.-1

ESTAÇÃO Nº	AZIMUTE CALCULADO (α_{ij}^C)		DISTÂNCIA CALCULADA (s_{ij})	
	PROVISÓRIO " " "	MELHORADO "	PROVISÓRIA (m)	MELHORADA (m)
10- 9	34 30 7.788	10.020	21177.568	21178.020
10-11	88 49 8.436	11.241	33898.541	33898.667
10-12	122 50 30.119	31.579	11211.909	11212.034
10-14	176 10 45.854	45.189	16279.644	16279.752
11- 5	313 5 45.057	45.148	47210.252	47210.262
11- 8	352 36 15.104	21.518	22000.469	32000.711
11- 9	307 30 12.518	15.502	27570.028	27570.187
11-10	268 53 58.016	0.823	33898.541	33898.667
11-12	254 35 47.442	50.018	25393.026	25393.026
11-13	214 16 59.359	57.711	19944.439	19944.481
11-14	242 46 2.350	4.841	36922.568	36923.178
12-10	302 51 50.422	52.282	11211.909	11212.034
12-11	74 32 18.706	21.282	25393.026	25393.026
12-13	126 15 12.696	15.623	16438.736	16439.146
12-14	219 22 44.571	48.128	13143.859	13144.100
13-11	34 15 23.887	22.239	19944.439	19944.481
13-12	306 17 5.123	8.053	16438.736	16439.146
13-14	268 52 3.707	7.799	21599.855	21600.382
13-15	199 55 51.081	54.433	17967.956	17968.277
13-16	225 30 39.221	43.084	24807.509	24808.032
14-10	356 10 55.069	58.402	16279.644	16279.752
14-11	62 41 23.431	25.878	36922.568	36923.178
14-12	39 21 33.857	37.412	13143.859	13144.100
14-13	88 49 1.116	5.204	21599.855	21600.382
14-15	136 43 57.499	0.641	22592.779	22593.309
14-16	167 0 9.237	12.885	17399.913	17400.310
14-17	199 22 41.521	45.019	30608.598	30609.333
14-18	245 51 6.388	5.643	20902.800	20903.303
15-13	19 54 59.585	2.935	17967.956	17968.277
15-14	316 46 7.672	10.815	22592.779	22593.309
15-16	267 32 51.646	54.869	11582.721	11583.028
16-13	45 28 10.455	14.316	24807.509	24808.032
16-14	347 0 42.228	45.775	17399.913	17400.310
16-15	87 31 14.870	18.090	11582.721	11583.028
16-17	229 44 8.096	11.365	18440.271	18440.720
16-18	290 5 15.522	22.734	24474.615	24475.171
17-14	19 21 16.511	20.003	30608.598	30609.333
17-16	49 42 10.923	14.187	18440.271	18440.720
17-18	336 17 6.078	5.561	22193.638	22194.146
18-14	65 48 25.615	28.864	20902.800	20903.303
18-16	110 2 6.768	5.577	24474.615	24475.171
18-17	156 15 51.458	54.581	22193.638	22194.146

Quadro 3.3.3.-1 (continuação)

3.3.4 Vetor L

3.3.4.1 Cálculo da constante de orientação (Z_i)

Com o uso da equação (3.3.1.-3), das direções observadas (D_{ij}^0), Apêndice A, dos azimutes calculados (α_{ij}^c) (item 3.3.3), e do programa 3 (sub-rotina TEID, Apêndice D), calculamos a constante de orientação de cada vértice.

ESTAÇÃO		CONSTANTE DE ORIENTAÇÃO (Z_i)			
Nº	NOME	PROVISÓRIA			MELHORADA
		0	1	2	3
01	São João	102	30	04,248	04,248
02	São Pedro	86	30	07,707	07,707
03	Porteirinha	355	17	15,290	15,344
04	Passa Três	278	20	00,150	00,651
05	Tomé	261	28	44,885	46,087
06	Serrinha	83	05	22,650	22,697
07	Jenipapo	166	37	01,268	01,229
08	Europa	172	35	44,198	45,966
09	Nortelândia	320	46	56,432	59,181
10	Espia	358	54	27,720	30,428
11	Pontinha	214	16	55,068	57,107
12	Estiva	74	32	18,661	21,391
13	Santana	199	55	51,792	54,310
14	Dourado	356	10	58,810	58,810
15	Peixe	267	32	51,778	55,016
16	Catingueiro	229	44	08,095	11,516
17	Lages	176	26	33,201	36,614
18	Uruaçu	65	48	28,890	28,890

Quadro 3.3.4.1.-1

3.3.4.2 Cálculo do azimuth observado (α_{ij}^0)

Utilizando-se da equação (3.3.1.-2), das direções observadas (D_{ij}^0), das constantes de orientação (item 3.3.4.1), calculamos os azimutes observados (α_{ij}^0); através do programa 3 (sub-rotina TEID, Apêndice A):

EST.	AZIMUTE OBSERVADO (α_{ij}^0)				EST.	AZIMUTE OBSERVADO (α_{ij}^0)			
	PROVISÓRIO			MELHOR.		PROVISÓRIO			MELHOR.
Nº	0	1	"	"	Nº	0	1	"	"
1- 3	175	16	57.338	57.338	10- 9	34	30	7.710	10.418
1- 4	138	50	35.558	35.558	10-11	88	49	8.220	10.938
2- 3	238	8	40.807	40.807	10-12	122	50	29.290	31.998
2- 4	196	40	6.117	6.117	10-14	176	10	45.810	48.518
2- 5	129	48	6.657	6.657	11- 5	313	5	46.328	48.367
2- 6	86	30	7.707	7.707	11- 8	252	36	19.788	21.827
3- 1	355	17	15.290	15.344	11- 9	307	30	13.788	15.827
3- 2	58	4	35.270	35.324	11-10	268	53	58.608	0.647
3- 4	98	16	49.800	49.854	11-12	254	35	48.518	50.557
4- 1	318	54	4.940	5.441	11-13	214	16	55.068	57.107
4- 2	16	39	12.160	12.661	11-14	242	46	2.188	4.227
4- 3	278	20	0.150	0.651	12-10	302	51	49.861	52.592
4- 5	81	24	56.450	56.551	12-11	74	32	18.661	21.352
4- 6	52	22	40.760	41.261	12-13	126	15	12.771	15.502
5- 2	309	51	2.124	3.227	12-14	219	22	45.101	47.832
5- 4	261	28	44.884	46.087	13-11	34	15	20.112	22.630
5- 6	7	29	46.464	47.667	13-12	306	17	5.852	8.410
5- 7	50	31	23.804	25.007	13-14	268	52	4.472	6.990
5- 8	90	53	59.474	0.677	13-15	199	55	51.792	54.310
5- 9	140	45	7.434	8.637	13-16	225	30	40.752	43.270
5-10	178	54	22.584	23.787	14-10	356	10	58.810	58.810
5-11	133	0	48.144	49.347	14-11	62	41	26.690	26.690
6- 2	266	33	25.800	25.847	14-12	39	21	37.950	37.950
6- 4	232	26	52.140	52.187	14-13	88	49	5.400	5.400
6- 5	187	30	8.080	8.127	14-15	136	44	1.080	1.080
6- 7	83	5	22.650	22.697	14-16	167	0	12.520	12.520
6- 8	123	29	28.530	28.577	14-17	199	22	44.750	44.750
7- 5	230	35	5.768	5.729	14-18	245	51	9.660	9.660
7- 6	263	8	45.748	45.709	15-13	19	54	59.508	2.746
7- 8	166	37	1.268	1.229	15-14	316	46	7.618	10.856
8- 5	270	58	24.088	25.856	15-16	267	32	51.778	55.016
8- 6	303	33	32.718	34.486	16-13	45	28	11.255	14.716
8- 7	346	37	43.608	45.376	16-14	347	0	42.105	45.526
8- 9	229	53	26.108	27.876	16-15	87	31	14.285	17.706
8-10	222	35	4.508	6.276	16-17	229	44	8.095	11.516
8-11	172	35	44.198	45.966	16-18	290	5	19.395	22.816
9- 5	320	46	56.432	59.181	17-14	19	21	16.701	20.114
9- 8	49	50	51.612	54.361	17-16	49	42	10.651	14.104
9-10	214	31	49.922	52.671	17-18	336	17	6.121	9.534
9-11	127	27	4.472	7.221	18-14	65	48	28.890	28.890
10- 5	358	54	27.720	30.428	18-16	110	2	9.800	9.800
10- 8	42	30	46.900	49.608	18-17	156	15	55.070	55.070

quadro 3.3.4.2.-1

3.3.4.3 Cálculo do Vetor L

Com os azimutes calculados (α_{ij}^C) no item 3.3.3, e os azimu

tes observados (α_{ij}^0), é calculado o vetor L, utilizando-se o programa 3 (sub-rotina TEID, Apêndice D):

Nº	ELEMENTOS DE (L)		Nº	ELEMENTOS DE (L)	
	PROVISÓRIOS	MELHORADOS		PROVISÓRIOS	MELHORADOS
1	0.329540 00	0.342840 00	44	0.205540 00	0.303670 00
2	-0.209220 00	0.241910 00	45	0.829090 00	-0.182830-01
3	0.380880-01	-0.133790 00	46	0.439700-01	0.671650 00
4	0.343460-01	0.370230 00	47	-0.127120 01	-0.219090 00
5	0.154970 01	0.622520 00	48	-0.684050 00	-0.308970 00
6	0.464410-01	0.511630 00	49	-0.869930 00	-0.325510 00
7	-0.169060 00	-0.210300 00	50	-0.591910 00	0.175700 00
8	0.874570-01	-0.138960 00	51	-0.107630 01	-0.539040 00
9	0.816000-01	0.349260 00	52	0.429120 01	0.603140 00
10	-0.507150 00	-0.557390 00	53	0.202160 00	0.613750 00
11	-0.330040-01	-0.198480 00	54	0.560510 00	-0.309140 00
12	-0.369560-02	-0.182850 00	55	0.448320-01	-0.109680 00
13	0.274760 00	0.579420 00	56	-0.755200-01	0.121930 00
14	0.269100 00	0.359300 00	57	-0.529820 00	0.296900 00
15	0.141980 01	-0.706720 00	58	0.377490 01	-0.390930 00
16	-0.111530 00	-0.504950 00	59	-0.768440 00	-0.257020 00
17	0.325450 01	-0.216390-01	60	-0.764570 00	0.809420 00
18	0.111680 01	-0.576440 00	61	-0.711090 00	0.123750 00
19	-0.109330 00	0.308010 00	62	-0.153080 01	-0.185220 00
20	-0.244450 01	0.498240 00	63	-0.374050 01	-0.407360 00
21	-0.215080 01	0.445140 00	64	-0.325920 01	-0.811550 00
22	-0.935010 00	0.958360 00	65	-0.409240 01	-0.537890 00
23	-0.863600 00	-0.443780 00	66	-0.428410 01	-0.196250 00
24	-0.105750 01	-0.511310 00	67	-0.358070 01	-0.438680 00
25	0.246400 01	0.341980 00	68	-0.358270 01	-0.347210-01
26	0.893730 00	0.686820 00	69	-0.322890 01	0.269480 00
27	-0.143670 01	-0.737070-01	70	-0.327140 01	-0.172170-01
28	0.106700 01	0.213550 00	71	0.775060-01	0.188730 00
29	-0.758120-01	-0.200870 00	72	0.539450-01	-0.415820-01
30	-0.987180 00	-0.127170-01	73	-0.131450 00	-0.147150 00
31	-0.293550-02	-0.151910 00	74	-0.836430 00	-0.359640 00
32	-0.331160 00	-0.688530 00	75	0.123210 00	0.248440 00
33	0.112050 01	0.288810 00	76	0.585110 00	0.384230 00
34	-0.527760-02	0.265970 00	77	0.107430-02	-0.151420 00
35	-0.108890 00	0.307870 00	78	0.127040 00	-0.816110-01
36	-0.672260 00	-0.222040-01	79	-0.189520 00	-0.110260 00
37	-0.190230 01	-0.509840 00	80	0.231800 00	0.829190-01
38	0.491140 00	-0.221550 00	81	-0.422880-01	0.273420-01
39	0.549370 00	0.434100 00	82	-0.327500 01	-0.257850-01
40	0.461820 00	0.257300 00	83	-0.303250 01	0.176630 00
41	-0.190420 01	-0.779100 00	84	-0.357230 01	-0.885080-01
42	0.747420 00	0.219690 00	85	-0.327500 01	-0.257850-01
43	0.781880-01	-0.357630 00			

quadro 3.3.4.3.-1

3.3.5 Matriz A

A matriz $A(85,46)$ é dada pela equação (3.2.1.-3). As funções F são as equações de observação (item 3.3.1.2), as derivadas parciais são calculadas para cada iteração, através dos valores aproximados dos parâmetros (coordenadas provisórias e melhoradas). Devido às dimensões da matriz A , limitar-nos-emos à apresentação dos elementos não nulos obtidos na primeira iteração (coordenadas provisórias melhoradas), quando obtivemos a convergência. O cálculo das derivadas parciais (coeficientes das equações de observação) foi realizado através do programa 3 (sub-rotina COEF, Apêndice D):

$A(1, 1) = -21.54659$	$A(1, 2) = -253.95824$	$A(2, 4) = -115.06739$
$A(2, 5) = -128.18260$	$A(3, 1) = 163.13961$	$A(3, 2) = -58.75258$
$A(4, 4) = 84.43583$	$A(4, 5) = -274.29476$	$A(5, 7) = -186.91281$
$A(5, 8) = -151.57575$	$A(6, 10) = -282.45921$	$A(6, 11) = 16.49768$
$A(7, 1) = -21.54659$	$A(7, 2) = -253.69608$	$A(7, 3) = -1.00000$
$A(8, 1) = 163.13961$	$A(8, 2) = -58.49091$	$A(8, 3) = -1.00000$
$A(9, 1) = 284.16575$	$A(9, 2) = 40.44290$	$A(9, 3) = -1.00000$
$A(9, 4) = -284.12675$	$A(9, 5) = -40.44290$	$A(10, 4) = -115.06739$
$A(10, 5) = -127.92066$	$A(10, 6) = -1.00000$	$A(11, 4) = 84.43583$
$A(11, 5) = -274.02331$	$A(11, 6) = -1.00000$	$A(12, 1) = 284.16575$
$A(12, 2) = 40.18279$	$A(12, 4) = -284.12675$	$A(12, 5) = -40.18279$
$A(12, 6) = -1.00000$	$A(13, 4) = 236.79971$	$A(13, 5) = -34.47468$
$A(13, 6) = -1.00000$	$A(13, 7) = -236.83983$	$A(13, 8) = 34.47468$
$A(14, 4) = 139.41049$	$A(14, 5) = -104.14689$	$A(14, 6) = -1.00000$
$A(14, 10) = -139.54311$	$A(14, 11) = 104.14689$	$A(15, 7) = -186.91281$
$A(15, 8) = -151.31400$	$A(15, 9) = -1.00000$	$A(16, 4) = 236.79971$
$A(16, 5) = -34.73484$	$A(16, 7) = -236.83983$	$A(16, 8) = 34.73484$
$A(16, 9) = -1.00000$	$A(17, 7) = 45.47354$	$A(17, 8) = -335.48099$

A(17, 9) = -1.00000	A(17,10) = -45.50909	A(17,11) = 335.48099
A(18, 7) = 149.49894	A(18, 8) = -119.37290	A(18, 9) = -1.00000
A(18,12) = -149.63383	A(18,14) = 119.37290	A(19, 7) = 208.80264
A(19, 8) = 3.44829	A(19, 9) = -1.00000	A(19,16) = -208.79817
A(19,17) = -3.44829	A(20, 7) = 201.02409	A(20, 8) = 239.32819
A(20, 9) = -1.00000	A(20,19) = -200.89092	A(20,20) = -239.32819
A(21, 7) = 3.67548	A(21, 8) = 187.38326	A(21, 9) = -1.00000
A(21,22) = -3.67032	A(21,23) = -187.38326	A(22, 7) = 98.19082
A(22, 8) = 89.26316	A(22, 9) = -1.00000	A(22,25) = -98.05593
A(22,26) = -89.26316	A(23,10) = -282.45921	A(23,11) = 16.76079
A(23,12) = -1.00000	A(24, 4) = 139.41049	A(24, 5) = -104.40844
A(24,10) = -139.54311	A(24,11) = 104.40844	A(24,12) = -1.00000
A(25, 7) = 45.47354	A(25, 8) = -335.74288	A(25,10) = -45.50909
A(25,11) = 335.74288	A(25,12) = -1.00000	A(26,10) = 272.92227
A(26,11) = -31.84764	A(26,12) = -1.00000	A(26,13) = -272.95516
A(26,14) = 31.84764	A(27,10) = 157.59112	A(27,11) = 101.49133
A(27,12) = -1.00000	A(27,16) = -157.46466	A(27,17) = -101.49133
A(28, 7) = 149.49894	A(28, 8) = -119.63496	A(28,13) = -149.63383
A(28,14) = 119.63496	A(28,15) = -1.00000	A(29,10) = 272.92227
A(29,11) = -32.11106	A(29,13) = -272.95516	A(29,14) = 32.11106
A(29,15) = -1.00000	A(30,13) = 67.04463	A(30,14) = 273.79983
A(30,15) = -1.00000	A(30,16) = -66.98275	A(30,17) = -273.79983
A(31, 7) = 208.80264	A(31, 8) = 3.18786	A(31,16) = -208.79817
A(31,17) = -3.18786	A(31,18) = -1.00000	A(32,10) = 157.59112
A(32,11) = 101.22952	A(32,16) = -157.46466	A(32,17) = -101.22952
A(32,18) = -1.00000	A(33,13) = 67.04463	A(33,14) = 273.53780
A(33,16) = -66.98275	A(33,17) = -273.53780	A(33,18) = -1.00000
A(34,16) = -208.92037	A(34,17) = 171.24292	A(34,18) = -1.00000
A(34,19) = 208.78643	A(34,20) = -171.24292	A(35,16) = -97.51950

A(35,17) = 103.35076	A(35,18) = -1.00000	A(35,22) = 97.38484
A(35,23) = -103.35076	A(36,16) = 25.52981	A(36,17) = 191.14129
A(36,18) = -1.00000	A(36,25) = -25.49529	A(36,26) = -191.14129
A(37, 7) = 201.02409	A(37, 8) = 239.06893	A(37,19) = -200.89092
A(37,20) = -239.06893	A(37,21) = -1.00000	A(38,16) = -208.92037
A(38,17) = 170.98368	A(38,19) = 208.78643	A(38,20) = -170.98368
A(38,21) = -1.00000	A(39,19) = -169.69235	A(39,20) = 240.01952
A(39,21) = -1.00000	A(39,22) = 169.56674	A(39,23) = -240.01952
A(40,19) = 182.54866	A(40,20) = 136.20420	A(40,21) = -1.00000
A(40,25) = -182.41873	A(40,26) = -136.20420	A(41, 7) = 3.67548
A(41, 8) = 187.12531	A(41,22) = -3.67032	A(41,23) = -187.12531
A(41,24) = -1.00000	A(42,16) = -97.51950	A(42,17) = 103.09285
A(42,22) = 97.38484	A(42,23) = -103.09285	A(42,24) = -1.00000
A(42,19) = -169.69235	A(43,20) = 239.76273	A(43,22) = 169.56674
A(43,23) = -239.76273	A(43,24) = -1.00000	A(44,22) = 186.97887
A(44,23) = -3.49230	A(44,24) = -1.00000	A(44,25) = -186.98420
A(44,26) = 3.49230	A(45,22) = 475.06018	A(45,23) = 298.60761
A(45,24) = -1.00000	A(45,28) = -474.93849	A(45,29) = -298.60761
A(46,22) = 25.94179	A(46,23) = 378.29448	A(46,24) = -1.00000
A(46,34) = -25.92410	A(46,35) = -378.29448	A(47, 7) = 98.19082
A(47, 8) = 89.00515	A(47,25) = -98.05593	A(47,26) = -89.00515
A(47,27) = -1.00000	A(48,16) = 25.52982	A(48,17) = 190.88333
A(48,25) = -25.49529	A(48,26) = -190.88333	A(48,27) = -1.00000
A(49,19) = 182.54866	A(49,20) = 135.94737	A(49,25) = -182.41873
A(49,26) = -135.94737	A(49,27) = -1.00000	A(50,22) = 186.97887
A(50,23) = -3.74780	A(50,25) = -186.98420	A(50,26) = 3.74780
A(50,27) = -1.00000	A(51,25) = -240.69513	A(51,26) = 64.76975
A(51,27) = -1.00000	A(51,28) = 240.62662	A(51,29) = -64.76975
A(52,25) = -179.04676	A(52,26) = 255.78260	A(52,27) = -1.00000

A(52,31) = 178.92286	A(52,32) = -255.78260	A(53,25) = -152.66830
A(53,26) = 76.69454	A(53,27) = -1.00000	A(53,34) = 152.55988
A(53,35) = -76.69454	A(54,22) = 475.06018	A(54,23) = 298.35261
A(54,28) = -474.93849	A(54,29) = -298.35261	A(54,30) = -1.00000
A(55,25) = -240.69513	A(55,26) = 64.51470	A(55,28) = 240.62662
A(55,29) = -64.51470	A(55,30) = -1.00000	A(56,28) = 310.98282
A(56,29) = 222.19731	A(56,30) = -1.00000	A(56,31) = -310.85610
A(56,32) = -222.19731	A(57,28) = -306.01269	A(57,29) = 363.06861
A(57,30) = -1.00000	A(57,34) = 305.88243	A(57,35) = -363.06861
A(58,25) = -179.04676	A(58,26) = 255.52828	A(58,31) = 178.92286
A(58,32) = -255.52828	A(58,33) = -1.00000	A(59,28) = 310.98282
A(59,29) = 221.94353	A(59,31) = -310.85610	A(59,32) = -221.94353
A(59,33) = -1.00000	A(60,31) = -293.43766	A(60,32) = 5.89393
A(60,33) = -1.00000	A(60,34) = 293.42232	A(60,35) = -5.89393
A(61,31) = -120.27738	A(61,32) = 223.17760	A(61,33) = -1.00000
A(61,36) = 120.19299	A(61,37) = -223.17760	A(62,31) = -182.30593
A(62,32) = 174.59801	A(62,33) = -1.00000	A(62,39) = 182.17426
A(62,40) = -174.59801	A(63,22) = 25.94179	A(63,23) = 378.04026
A(63,34) = -25.92410	A(63,35) = -378.04026	A(64,25) = -152.66830
A(64,26) = 76.44027	A(64,34) = 152.55988	A(64,35) = -76.44027
A(65,28) = -306.01269	A(65,29) = 362.81486	A(65,34) = 305.88243
A(65,35) = -362.81486	A(66,31) = -293.43766	A(66,32) = 5.64092
A(66,34) = 293.42232	A(66,35) = -5.64092	A(67,34) = 192.31862
A(67,35) = 199.18092	A(67,36) = -192.18718	A(67,37) = -199.18092
A(68,34) = 81.93610	A(68,35) = 345.88577	A(68,39) = -81.87842
A(68,40) = -345.88577	A(69,34) = -68.72396	A(69,35) = 190.47214
A(69,42) = 68.64189	A(69,43) = -190.47214	A(70,34) = -276.74395
A(70,35) = 121.04517	A(70,45) = 276.64532	A(70,46) = -121.04517
A(71,31) = -120.27738	A(71,32) = 222.92586	A(71,36) = 120.19299

A(71,27) = -322.92586	A(71,38) = -1.00000	A(72,34) = 192.31862
A(72,35) = 198.92920	A(72,36) = -192.18718	A(72,37) = -198.92920
A(72,38) = -1.00000	A(73,36) = -546.81006	A(73,37) = 23.05784
A(73,38) = -1.00000	A(73,39) = 546.79881	A(73,40) = -23.05784
A(74,31) = -182.90593	A(74,32) = 174.24631	A(74,39) = 182.17426
A(74,40) = -174.24631	A(74,41) = -1.00000	A(75,34) = 81.93610
A(75,35) = 245.63409	A(75,39) = -81.87842	A(75,40) = -245.63409
A(75,41) = -1.00000	A(76,36) = -546.81006	A(76,37) = 22.80742
A(76,39) = 546.79881	A(76,40) = -22.80742	A(76,41) = -1.00000
A(77,39) = -262.23023	A(77,40) = 216.72184	A(77,41) = -1.00000
A(77,42) = 262.20156	A(77,43) = -216.72184	A(78,39) = -243.25861
A(78,40) = -86.43157	A(78,41) = -1.00000	A(78,45) = 243.34323
A(78,46) = 86.43157	A(79,34) = -68.72396	A(79,35) = 190.22136
A(79,42) = 68.64189	A(79,43) = -190.22136	A(79,44) = -1.00000
A(80,39) = -262.23023	A(80,40) = 216.47235	A(80,42) = 262.20156
A(80,43) = -216.47235	A(80,44) = -1.00000	A(81,42) = -114.87490
A(81,43) = -254.66534	A(81,44) = -1.00000	A(81,45) = 114.97125
A(81,46) = 254.66534	A(82,34) = -276.74395	A(82,35) = 120.79284
A(82,45) = 276.64532	A(82,46) = -120.79284	A(83,39) = -243.25861
A(83,40) = -86.68259	A(83,45) = 243.34323	A(83,46) = 86.68259
A(84,42) = -114.87490	A(84,43) = -254.91547	A(84,45) = 114.97125
A(84,46) = 254.91547	A(85,34) = -276.74395	A(85,35) = 120.79285
A(85,45) = 276.64532	A(85,46) = -121.04452	

3.3.6 Cálculo do vetor das correções aos valores aproximados dos parâmetros (X'_0)

O cálculo foi executado através do programa 3, utilizando-se:

a) Inversão da matriz $N=A^T P A$, através da sub-rotina MMMV do sistema SSP-IBM / 360;

b) Processo iterativo, utilizando o método dos gradientes conjugados, o qual apresentou convergência após 47 iterações [26].

A seguir mostramos no quadro 3.3.6.-1, os resultados obtidos pelos dois processos, com os parâmetros aproximados e os melhorados.

Nº	CORREÇÕES X (")			
	INVERSÃO DA MATRIZ		GRADIENTES CONJUGADOS	
	PROVISÓRIOS	MELHORADOS	PROVISÓRIOS	MELHORADOS
1	-0.103170-02	0.488700-06	-0.102220-02	0.501590-06
2	0.354480-04	0.237910-06	0.352090-04	0.242090-06
3	0.545750-01	0.234090-04	0.545760-01	0.224500-04
4	-0.190360-02	0.116400-06	-0.190370-02	0.141080-06
5	-0.180980-02	0.756740-06	-0.181050-02	0.764120-06
6	0.500870 00	-0.169350-04	0.500880 00	-0.201290-04
7	-0.351990-02	-0.911500-06	-0.351900-02	-0.865050-06
8	0.104560-01	-0.196890-06	0.104560-01	-0.235740-06
9	0.120220 01	0.181600-05	0.120210 01	-0.182000-05
10	-0.138020-02	0.152510-06	-0.138040-02	0.140030-06
11	0.456380-02	0.109560-06	0.456360-02	0.518610-07
12	0.465510-01	-0.271760-04	0.466510-01	-0.271160-04
13	-0.541320-03	-0.270370-07	-0.541200-03	-0.561940-07
14	0.672060-02	0.121660-05	0.671940-02	0.104320-05
15	-0.386220-01	0.767910-04	-0.385110-01	0.756400-04
16	-0.111990-01	0.855830-06	-0.112000-01	0.923790-06
17	0.590990-02	0.602690-06	0.590930-02	0.406990-06
18	0.176720 01	-0.911100-04	0.176750 01	-0.919940-04
19	-0.849660-02	-0.130980-05	-0.849520-02	-0.117280-05
20	-0.268850-02	-0.471930-06	-0.268800-02	-0.575850-06
21	0.274890 01	-0.112120-03	0.274910 01	-0.114520-03
22	-0.565650-02	0.220380-06	-0.565670-02	0.452620-06
23	-0.998410-02	0.481770-06	-0.998450-02	0.452610-06
24	0.270770 01	0.416000-04	0.270760 01	0.399590-04
25	-0.205770-01	0.571730-06	-0.205780-01	0.808360-06
26	-0.548900-02	-0.376930-06	-0.548830-02	-0.595740-06
27	0.203920 01	-0.954430-04	0.203930 01	-0.967480-04
28	-0.106330-01	0.105240-06	-0.106330-01	0.373790-06
29	-0.830200-02	-0.512230-06	-0.830130-02	-0.595230-06
30	0.273050 01	0.985920-04	0.273020 01	0.980300-04
31	-0.246470-01	-0.681060-06	-0.246470-01	-0.357960-06
32	-0.187960-02	-0.686160-06	-0.187860-02	-0.844480-06
33	0.251800 01	-0.422460-04	0.251810 01	-0.421030-04
34	-0.110340-01	0.454550-06	-0.110350-01	0.781080-06

Quadro 3.3.6.-1

Nº	CORREÇÕES X (")			
	INVERSÃO DA MATRIZ		GRADIENTES CONJUGADOS	
	PROVISÓRIOS	MELHORADOS	PROVISÓRIOS	MELHORADOS
25	-0.184330-01	0.157810-06	-0.184330-01	0.124510-06
26	-0.312560-01	-0.147560-05	-0.312550-01	-0.105460-05
37	-0.147050-01	-0.678820-06	-0.147040-01	-0.801440-06
38	0.323860 01	0.166370-03	0.323850 01	0.166270-03
39	-0.258050-01	-0.125230-05	-0.258040-01	-0.828600-06
40	-0.251940-01	0.203750-05	-0.251960-01	0.198170-05
41	0.342100 01	-0.580290-04	0.342110 01	-0.580160-04
42	-0.279890-01	-0.738270-05	-0.279880-01	-0.689070-05
43	-0.429040-01	-0.523950-05	-0.429040-01	-0.521350-05
44	0.341310 01	0.182770-03	0.341280 01	0.182920-03
45	-0.795220-02	0.660550-05	-0.795290-02	0.698110-05
46	-0.382620-01	-0.111920-04	-0.382640-01	-0.111130-04

Quadro 3.3.6.-1 (continuação)

3.3.7 Cálculo da variância a posteriori $(\hat{\sigma}_0^2)_p$ da matriz variância-covariância (Σ_{X_a})

A variância a posteriori obtida no ajustamento foi:

$$\hat{\sigma}_0^2 = 0.3450 \text{ D } 00$$

O cálculo da matriz (Σ_{X_a}) é obtido pelo produto de $\hat{\sigma}_0^2$ pela matriz N^{-1} . A seguir apresentamos os elementos da diagonal principal, ou seja, as variâncias dos parâmetros. Limitamo-nos a apresentar as variâncias obtidas com as coordenadas aproximadas "melhoradas" (1ª iteração):

$C(1,1) = 0.501340-05$ $D(2,2) = 0.346920-05$ $C(3,3) = 0.248740 00$
 $C(4,4) = 0.488450-05$ $D(5,5) = 0.280630-05$ $C(6,6) = 0.172470 00$
 $C(7,7) = 0.842830-05$ $C(8,8) = 0.142040-04$ $C(9,9) = 0.167820 00$
 $C(10,10) = 0.272030-05$ $D(11,11) = 0.200740-04$ $C(12,12) = 0.217370 00$
 $C(13,13) = 0.113810-04$ $C(14,14) = 0.856520-04$ $C(15,15) = 0.367770 00$
 $C(16,16) = 0.201260-04$ $C(17,17) = 0.100640-03$ $C(18,18) = 0.230780 00$

$D(19,19) = 0.48190D-04$ $D(20,20) = 0.38060D-04$ $D(21,21) = 0.22520D-04$
 $D(22,22) = 0.12881D-03$ $D(23,23) = 0.21548D-04$ $D(24,24) = 0.19107D-03$
 $D(25,25) = 0.13312D-03$ $D(26,26) = 0.12643D-03$ $D(27,27) = 0.17183D-03$
 $D(28,28) = 0.16888D-03$ $D(29,29) = 0.35148D-04$ $D(30,30) = 0.18272D-03$
 $D(31,31) = 0.24430D-03$ $D(32,32) = 0.75785D-04$ $D(33,33) = 0.18757D-03$
 $D(34,34) = 0.24744D-03$ $D(35,35) = 0.25071D-04$ $D(36,36) = 0.40974D-03$
 $D(37,37) = 0.56736D-04$ $D(38,38) = 0.28274D-04$ $D(39,39) = 0.41558D-03$
 $D(40,40) = 0.20172D-04$ $D(41,41) = 0.17573D-04$ $D(42,42) = 0.57692D-03$
 $D(43,43) = 0.25778D-04$ $D(44,44) = 0.24860D-04$ $D(45,45) = 0.32693D-03$
 $D(46,46) = 0.55973D-04$

3.3.7.1 Cálculo dos desvios-padrão dos parâmetros

Os desvios-padrão dos parâmetros observados ajustados, provêm das variâncias e estão apresentadas no quadro 3.3.7.1.-1:

Nº	$\sigma (")$	Nº	$\sigma (")$	Nº	$\sigma (")$
1	0,002	16	0,005	31	0,016
2	0,002	17	0,010	32	0,009
3	0,499	18	0,480	33	0,433
4	0,002	19	0,007	34	0,016
5	0,002	20	0,006	35	0,005
6	0,415	21	0,475	36	0,020
7	0,003	22	0,011	37	0,073
8	0,004	23	0,005	38	0,532
9	0,410	24	0,437	39	0,020
10	0,002	25	0,015	40	0,005
11	0,005	26	0,012	41	0,419
12	0,466	27	0,415	42	0,024
13	0,003	28	0,013	43	0,006
14	0,009	29	0,006	44	0,499
15	0,606	30	0,427	45	0,018
				46	0,008

Quadro 3.3.7.1.-1

3.3.8 Valores ajustados das coordenadas

Os parâmetros ajustados são obtidos da equação 3.2.-2, ou seja:

$$X_a = X_o + X$$

No quadro 3.3.8.-1, apresentamos os valores ajustados das coordenadas, empregando-se para este cálculo os valores aproximados "melhorados".

ESTAÇÃO		LATITUDE (S)			LONGITUDE (W)		
Nº	NOME	o	'	"	o	'	"
1	São João	15	18	31,184	48	46	42,324
2	São Pedro	15	14	54,289	49	03	27,018
3	Porteirinha	15	05	27,383	48	47	48,893
4	Passa Três	15	03	43,605	49	00	00,372
5	Tomé	15	05	51,690	49	14	36,933
6	Serrinha	15	15	38,412	49	15	56,461
7	Jenipapo	15	17	08,315	49	28	43,767
8	Europa	15	05	35,537	49	31	33,408
9	Nortelândia	14	57	28,851	49	21	39,381
10	Espia	14	48	01,117	49	14	57,931
11	Pontinha	14	48	23,060	49	33	51,310
12	Estiva	14	44	43,222	49	20	12,861
13	Santana	14	39	26,803	49	27	35,876
14	Dourado	14	39	12,618	49	15	34,173
15	Peixe	14	30	17,179	49	24	11,315
16	Catingueiro	14	30	00,971	49	17	44,853
17	Lages	14	23	33,061	49	09	55,153
18	Uruaçu	14	34	34,154	49	04	56,973

Quadro 3.3.8.-1

3.4 Experiências com as coordenadas provisórias

No item 3.3.2, foram adotados como valores aproximados dos parâmetros, coordenadas obtidas através do seu transporte (problema direto). Neste item realizamos duas experiências relacionadas com as coordenadas provisórias:

a) obtenção das coordenadas de uma carta com escala 1:1000.000;

b) com coordenadas que distam cerca de $\pm 1,5$ segundos de arco dos valores, obtidos pelo transporte (problema direto).

3.4.1 Primeira Experiência

A obtenção das coordenadas provisórias da carta, foi realizada no Laboratório de Aerofotogrametria da FUEM, utilizando-se réguas graduadas no décimo de milímetro.

Apresentamos a seguir as coordenadas provisórias obtidas (quadro 3.4.1.-1), e as correções para cada iteração (quadro 3.4.1.-2):

3.4.1.a - Valores aproximados dos parâmetros (X_0)

ESTAÇÃO		LATITUDE (S)			LONGITUDE (W)		
Nº	NOME	°	'	"	°	'	"
1	São João	15	18	31,184	48	46	42,324
2	São Pedro	15	14	54,289	49	03	27,018
3	Porteirinha	15	05	23,500	48	47	53,600
4	Passa Três	15	03	47,840	49	00	06,010
5	Tomé	15	05	54,690	49	14	41,970
6	Serrinha	15	15	41,190	49	15	53,760
7	Jenipapo	15	17	05,320	49	28	48,200
8	Europa	15	05	30,660	49	31	40,180
9	Nortelândia	14	57	33,190	49	21	39,070
10	Espia	14	48	04,910	49	14	58,330
11	Pontinha	14	48	28,690	49	33	48,410
12	Estiva	14	44	34,500	49	20	18,920
13	Santana	14	39	30,060	49	27	36,000
14	Dourado	14	39	08,400	49	15	37,240
15	Peixe	14	30	30,230	49	24	14,400
16	Catingueiro	14	30	04,210	49	17	45,650
17	Lages	14	23	29,690	49	09	48,420
18	Uruaçu	14	34	33,230	49	04	57,210

Quadro 3.4.1.-1

3.4.1.b - Correções para cada iteração

Nº	X ₁ (")	X ₂ (")	X ₃ (")	X ₄ (")	X ₅ (")
1	0.288120 02	0.112350 04	0.147950 04	0.564220 04	0.246530 07
2	-0.380240 02	0.122650 04	0.203200 04	-0.344120 05	-0.102270 08
3	0.165010 05	-0.410880 06	0.567400 06	0.154220 06	-0.347540 07
4	-0.777310 02	0.388100 03	0.627840 03	-0.136440 02	-0.185000 03
5	-0.118260 03	0.656580 02	-0.519330 03	-0.728780 03	-0.845430 04
6	0.471980 05	0.340250 05	-0.106470 06	-0.185400 06	-0.734660 06
7	-0.363620 03	0.329920 03	0.186220 04	-0.191480 04	-0.125110 05
8	0.131200 03	0.385640 03	-0.448550 03	0.274180 04	0.695550 05
9	0.100980 06	-0.248170 06	-0.225070 06	0.317730 06	0.150630 06
10	-0.189930 03	0.115940 04	-0.761100 04	0.448210 05	0.100380 07
11	0.455450 03	-0.797330 03	-0.442210 04	0.213800 05	0.627150 06
12	0.117210 06	-0.337750 06	-0.406320 06	-0.281650 06	0.538090 06
13	-0.539030 03	0.276500 04	0.102920 04	0.304380 05	0.861240 06
14	0.127110 04	0.755270 04	-0.113610 06	-0.659300 05	-0.104520 07
15	0.163310 06	-0.221050 06	-0.813460 06	-0.450280 06	-0.924000 06
16	-0.190030 04	0.318750 03	-0.446230 05	-0.127200 06	-0.871180 06
17	0.843250 03	0.942420 04	-0.955520 05	-0.307450 05	-0.161280 07
18	0.273270 06	-0.215010 06	-0.450620 06	-0.516510 06	-0.650100 06
19	-0.105470 04	0.639720 04	-0.346640 05	0.153120 06	0.678430 06
20	0.682450 03	-0.238420 04	-0.118750 05	0.445670 05	0.720770 06
21	0.170660 06	-0.586660 04	-0.748800 06	-0.372860 06	0.106180 07
22	0.654220 03	-0.139650 04	0.682870 03	0.844260 04	-0.501250 06
23	-0.308960 03	-0.317030 04	0.325970 05	-0.195850 06	-0.229850 07
24	-0.108590 06	-0.989780 06	-0.133940 07	0.209040 06	-0.123730 07
25	0.568040 03	-0.664150 03	0.531700 04	0.108680 05	-0.910470 05
26	-0.107440 04	-0.560570 02	0.257160 04	0.215680 05	-0.285930 05
27	0.517210 05	-0.897500 06	-0.104760 07	0.179010 05	-0.466680 05
28	0.576630 03	0.525920 02	-0.934520 02	-0.898000 04	-0.239920 06
29	-0.214880 03	0.122940 02	-0.158070 03	0.103650 05	-0.792640 05
30	-0.398440 05	-0.434950 06	-0.467890 06	-0.461050 06	-0.651120 06
31	0.131230 04	-0.354660 02	-0.147450 03	-0.123520 05	-0.230620 06
32	-0.639750 03	-0.896350 01	0.783260 01	0.156700 05	-0.646880 05
33	-0.660150 03	-0.268830 06	-0.873360 06	-0.662100 06	-0.687350 06
34	0.130880 04	0.675950 02	0.756130 02	-0.195040 04	-0.193000 06
35	0.101840 03	0.134700 02	0.760090 02	0.197330 05	-0.495550 05
36	0.184330 04	-0.453170 02	0.103570 03	-0.527560 04	-0.234900 06
37	-0.440310 03	0.657130 01	-0.506410 02	0.133020 05	-0.967580 05
38	0.211520 04	-0.963670 06	-0.505120 06	-0.707360 06	-0.728680 06
39	0.188020 04	-0.956810 01	-0.292520 03	-0.162560 05	-0.237710 06
40	-0.331610 02	-0.345450 02	-0.961130 02	0.127060 05	-0.484320 05
41	0.607670 03	-0.439070 06	-0.762980 06	-0.980780 06	-0.998030 06
42	0.230500 04	0.682340 02	0.127490 03	0.901540 03	-0.203920 06
43	0.481090 03	-0.246750 01	0.194970 03	0.235090 05	-0.599690 05
44	-0.144010 04	-0.629300 06	0.100980 06	0.531590 06	0.508870 06
45	0.159740 04	0.121750 03	0.142750 03	0.175710 04	-0.201270 06
46	0.782400 03	0.714230 02	0.609530 02	0.220130 05	-0.578240 05

Quadro 3.4.1.-2

3.4.2 Segunda experiência

3.4.2.a - Valores aproximados dos parâmetros

ESTAÇÃO		LATITUDE (S)			LONGITUDE (W)		
Nº	NOME	" " "			" ' "		
1	São João	15	18	31,184	48	46	42,324
2	São Pedro	15	14	54,289	49	03	27,018
3	Porteirinha	15	05	25,350	48	47	50,000
4	Passa Três	15	03	46,000	49	00	02,000
5	Tomé	15	05	52,000	49	14	34,000
6	Serrinha	15	15	37,000	49	15	53,000
7	Jenipapo	15	17	06,000	49	28	45,000
8	Europa	15	05	36,000	49	31	30,000
9	Nortelândia	14	57	27,000	49	21	39,000
10	Espia	14	48	03,000	49	14	58,000
11	Pontinha	14	48	21,000	49	33	54,000
12	Estiva	14	44	44,000	49	20	14,000
13	Santana	14	39	24,000	49	27	36,400
14	Dourado	14	39	10,000	49	15	37,000
15	Peixe	14	30	13,000	49	24	11,000
16	Catingueiro	14	30	02,000	49	17	45,000
17	Lages	14	23	36,000	49	09	54,000
18	Uruaçu	14	34	33,000	49	04	57,000

Quadro 3.4.2.-1

3.4.2.b - Correções para cada iteração

Nº	X ₁ (")	X ₂ (")	X ₃ (")	X ₄ (")	X ₅ (")
1	0.20079E 01	0.24563E-01	-0.76062E-06	0.10642E-09	0.64849E-12
2	-0.11202E 01	0.13285E-01	-0.47395E-06	-0.27087E-09	0.11020E-11
3	0.65455E 03	-0.25251E 01	0.70930E-04	0.70821E-07	0.21030E-10
4	-0.24425E 01	0.47318E-01	-0.12762E-05	-0.27204E-09	0.11470E-11
5	-0.16388E 01	0.11058E-01	-0.64803E-06	-0.11440E-09	0.10470E-11
6	0.23975E 03	-0.60992E 01	0.56401E-03	-0.65510E-07	0.69055E-09
7	-0.40820E 00	0.58586E-01	-0.79967E-05	0.78528E-09	-0.63971E-11
8	0.30055E 01	-0.72844E-01	0.22888E-05	-0.75282E-09	0.34933E-11
9	-0.49959E 02	-0.91017E 01	0.28493E-02	0.16803E-07	0.33583E-09
10	0.14275E 01	-0.15220E-01	0.54456E-06	0.99435E-09	-0.39659E-12
11	0.35645E 01	-0.10334E 00	0.82813E-05	-0.45183E-09	0.57791E-11
12	-0.66676E 02	-0.20717E 00	0.45973E-03	0.80105E-07	-0.15828E-09
13	0.23700E 01	-0.54831E-01	0.63487E-05	-0.51152E-09	0.10618E-10
14	-0.88141E 00	-0.35172E 00	0.51880E-04	0.13208E-08	0.15499E-10
15	-0.78748E 03	-0.50845E 01	0.22957E-02	0.52871E-06	-0.85244E-09
16	-0.60992E 00	0.14734E 00	-0.26288E-04	-0.76640E-09	-0.94653E-11
17	0.37812E 01	-0.37314E 00	0.47887E-04	-0.10856E-08	0.16378E-10

Quadro 3.4.2.-2

Nº	X ₁ (")	X ₂ (")	X ₃ (")	X ₄ (")	X ₅ (")
18	0.263220 03	-0.380350 01	0.231570-02	0.124770-06	0.888760-09
19	0.156400 01	0.287400 00	-0.426210-04	-0.137270-09	-0.610680-11
20	0.575940 00	-0.194550 00	0.171070-04	-0.115630-09	0.969330-11
21	0.262200 03	-0.557370 01	0.299870-02	-0.146570-06	0.499050-09
22	-0.235930 01	0.476730 00	-0.712400-04	-0.256320-09	-0.159420-10
23	-0.366240-01	-0.320450-01	-0.151450-04	0.764980-09	0.272720-11
24	0.432510 02	-0.581250 01	0.263870-02	-0.159220-06	0.373680-09
25	0.158080 01	0.479450 00	-0.807210-04	0.108000-08	-0.144260-10
26	-0.228840 01	-0.401290 00	0.398250-04	0.855820-09	0.166150-10
27	-0.127420 02	-0.342150 01	0.279120-02	-0.307030-06	0.112770-09
28	-0.132210 01	0.545070 00	-0.824080-04	-0.933530-10	-0.162290-10
29	-0.101000 01	-0.125220 00	-0.254850-05	0.807320-09	0.449430-11
30	-0.144530 03	-0.260890 01	0.157580-02	-0.209360-06	-0.357070-09
31	0.215290 01	0.650330 00	-0.997780-04	0.176670-09	-0.223270-10
32	-0.240240 00	-0.283360 00	0.167650-04	0.184540-08	0.129090-10
33	-0.515510 03	0.116350-01	0.203260-02	-0.267170-06	0.442240-10
34	0.196110 01	0.657190 00	-0.971720-04	-0.719430-09	-0.228280-10
35	-0.281060 01	-0.161250-01	-0.230340-04	0.703430-09	0.352990-11
36	0.331360 01	0.865470 00	-0.130870-03	-0.302000-08	-0.287370-10
37	0.519370 00	-0.204880 00	-0.126940-05	0.641810-09	0.923640-11
38	-0.129080 04	-0.261360 01	0.280150-02	0.205920-06	0.207630-09
39	-0.189020 01	0.861290 00	-0.124390-03	-0.272170-08	-0.295360-10
40	-0.988930-01	-0.479720-01	-0.286510-04	0.860590-09	0.582410-11
41	-0.856250 03	-0.273710 01	0.243430-02	-0.792770-07	0.145040-09
42	-0.393920 01	0.999820 00	-0.100470-03	-0.268740-08	-0.389120-10
43	0.102860 01	0.124840 00	-0.109880-04	0.116290-08	-0.471610-11
44	-0.585180 03	-0.137300 01	0.255480-03	-0.944480-07	0.518990-09
45	0.384080 00	0.769530 00	-0.147950-03	-0.408230-08	-0.216980-10
46	-0.257070 00	0.230080 00	0.137670-04	0.177290-08	-0.921560-11

Quadro 3.4.2.-2

3.4.2.c - Valores ajustados das coordenadas

ESTAÇÃO		LATITUDE (S)			LONGITUDE (W)		
Nº	NOME	o	'	"	o	'	"
1	São João	15	18	31,184	48	46	42,324
2	São Pedro	15	14	54,289	49	03	27,018
3	Porteirinha	15	05	27,383	48	47	48,893
4	Passa Três	15	03	43,605	49	00	0,372
5	Tomé	15	05	51,690	49	14	36,933
6	Serrinha	15	15	38,412	49	15	56,461
7	Jenipapo	15	17	8,315	49	28	43,767
8	Europa	15	05	35,537	49	31	33,408
9	Nortelândia	14	57	28,851	49	21	39,381
10	Espia	14	48	1,117	49	14	57,931
11	Pontinha	14	48	23,060	49	33	51,310
12	Estiva	14	44	43,222	49	20	12,861

Quadro 3.4.2.-3

ESTAÇÃO		LATITUDE (S)			LONGITUDE (W)		
Nº	NOME	o	'	"	o	'	"
13	Santana	14	39	26,803	49	27	35,876
14	Dourado	14	39	12,618	49	15	34,173
15	Peixe	14	30	17,179	49	24	11,315
16	Catingueiro	14	30	0,971	49	17	44,853
17	Lages	14	23	33,060	49	09	55,153
18	Uruaçu	14	34	34,154	49	04	56,973

Quadro 3.4.2.-3 (continuação)

3,5 Comentários

a) As correções (X) aos valores provisórios (X_0) dos parâmetros, são da ordem do décimo e do centésimo do segundo de arco; quando as coordenadas iniciais são as obtidas do transporte de co ordenadas. Entretanto, se utilizarmos as "melhoradas", ou seja , efetuando uma iteração, as mesmas chegam à ordem do centésimo do milésimo de segundo de arco (quadro 3.3.6.-1);

b) A análise da matriz variância-covariância (quadro 3.3.7.-1) mostra que as variâncias são pequenas, a menos das variâncias referentes à constante de orientação, como consequência; os maiores desvios-padrão (quadro 3.3.7.1.-1);

c) A experiência realizada no item 3.4.1, utilizando como valores iniciais as coordenadas extraídas de uma carta (escala 1:1000.000), não apresentou convergência, indicando que as coordenadas obtidas estão muito afastadas das definitivas (± 4 (quatro) segundos de arco);

d) A segunda experiência (item 3.4.2), cujos valores iniciais diferiam cerca de $\pm 1,5$ segundos de arco dos valores obtidos do transporte, apresentaram convergência na terceira iteração, e os resultados (quadro 3.4.2.-3) são idênticos aos do quadro

3.3.8.-1, com coordenadas iniciais obtidas através do transporte de coordenadas;

e) O cálculo e inversão da matriz dos coeficientes das equações normais ($A^T P A$), foi executado através da sub-rotina MMMV (com dupla precisão). Como verificação, também resolvemos o sistema por processo iterativo (gradientes conjugados), que apresentou convergência após 47 iterações para os valores provisórios e 40 com os valores provisórios melhorados (quadro 3.3.6.-1).

CAPÍTULO IV

C O N C L U S ã O

O método dos correlatos apresenta uma quantidade de cálculos preliminares (cálculo dos triângulos, do excesso esférico, do melhor caminho, etc.), onde a manipulação dos dados é considerável, requerendo verificações constantes para eliminar possíveis erros de transporte de dados. O método de variação de coordenadas utiliza parte dos cálculos preliminares, sem exigir o rigor dispensado ao primeiro, pois as coordenadas provisórias podem ser obtidas com cálculos simplificados dos triângulos e fórmulas abreviadas para o transporte de coordenadas.

O tempo de processamento no método de variação de coordenadas para o cálculo dos coeficientes das equações de observação, do termo constante das equações, das correções dos parâmetros, da matriz variância-covariância e das posições geodésicas definitivas foi 01 minuto e 36 segundos. Pelo método dos correlatos o tempo para o cálculo dos erros de fechamento, da linearização das equações de lado e comprimento, das correções aos valores observados, da matriz variância-covariância e dos desvios-padrão foi 02 minutos e 59 segundos., para um computador IBM/360.

As equações de condição de lado e comprimento, foram linearizadas pelos métodos clássico e Taylor, verificando-se que a linearização por Taylor é a mais fácil de ser empregada. A resolução das equações normais (de dimensões 38 x 38 no método dos correlatos e 46 x 46 no de variação de coordenadas), foi realizada através de inversão de matriz, utilizando-se a sub-rotina MMMV

com dupla precisão (DOUBLE PRÉCISION) e pelo método iterativo dos gradientes conjugados [27]. O último apresentou convergência após 40 iterações no método dos correlatos e 47 no de variação de coordenadas, com menor tempo de processamento em ambos os casos sem nos fornecer a matriz inversa para o cálculo da matriz variância-covariância.

No ajustamento por variação de coordenadas, quando utilizamos como parâmetros aproximados os obtidos do transporte de coordenadas, o método apresentou convergência na 1ª iteração (deve-se observar que somente a latitude do vértice 18 alterou-se com a primeira iteração na ordem do milésimo do segundo). Pelo fato, aconselhamos que se realize no mínimo uma iteração, para melhorar os resultados e obter assim a precisão desejada.

Na experiência 3.4.1 utilizando como parâmetros aproximados, os obtidos de uma carta (escala 1:1000.000), não apresentou convergência após cinco iterações (ver quadro 3.4.1.-2); indicando que as coordenadas provisórias obtidas estão muito afastadas das definitivas. Quando utilizamos como parâmetros aproximados (experiência 3.4.2), valores afastados dos definitivos cerca de 1,5 segundos, o método convergiu após três iterações (ver quadro 3.4.2.-2), e as coordenadas ajustadas (quadro 3.4.2.-3), são iguais às obtidas no item 3.3.8, onde utilizamos como parâmetros aproximados os obtidos do transporte de coordenadas.

Uma análise das coordenadas definitivas obtidas pelos dois métodos de ajustamento, mostra que as mesmas são coincidentes na ordem do centésimo do segundo para os vértices iniciais, diminuindo para o décimo da metade para o fim e algumas no segundo. Uma das causas desta discrepância, seria o fato de não utilizarmos no

ajustamento por variação de coordenadas, a distância fixa Uruaçu-Dourado, o que poderá ser feito através de uma injunção .

Concluimos, assim, que o ajustamento pelo método de variação de coordenadas apresenta vantagens, seja nos cálculos preliminares, no tempo de processamento e na obtenção das posições geodésicas ajustadas.

Podemos aqui, esboçar alguns temas que pretendemos realizar no futuro:

a) Realizar o ajustamento por variações de coordenadas, com uma injunção, referente a distância fixa Uruaçu-Dourado;

b) Realizar o ajustamento utilizando um encadeamento com 'vértices iniciais e finais fixos, que já tenha sido ajustado por correlatos;

c) Utilizar o método de Scheriber para eliminar as incógnitas suplementares, com o objetivo de avaliar a vantagem da eliminação em termos de tempo de processamento, pois a eliminação das incógnitas suplementares reduz o número de equações normais, mas acrescenta para cada vértice uma equação suplementar de observação.

APÊNDICE A

LISTA DE DIREÇÕES

ESTAÇÃO	ESTAÇÃO VISADA	DIREÇÕES OBSERVADAS		
		0	"	"
São João (1)	São Pedro (2)	000	00	00,00
	Passa Três (4)	36	20	31,35
	Porteirinha (3)	72	46	53,09
São Pedro (2)	Serrinha (6)	000	00	00,00
	Tomé (5)	43	17	58,95
	Passa Três (4)	110	09	58,41
	Porteirinha (3)	151	38	33,10
	São João (1)	196	04	21,29
Porteirinha (3)	São João (1)	000	00	00,00
	São Pedro (2)	62	47	19,98
	Passa Três (4)	102	59	34,51
Passa Três (4)	Porteirinha (3)	000	00	00,00
	São João (1)	40	34	04,79
	São Pedro (2)	98	19	12,01
	Serrinha (6)	134	02	40,61
	Tomé (5)	163	04	56,30
Tomé (5)	Passa Três (4)	000	00	00,00
	São Pedro (2)	48	22	17,24
	Serrinha (6)	106	01	01,58
	Jenipapo (7)	149	02	38,92
	Europa (8)	189	25	14,59
	Pontinha (11)	231	32	03,26
	Nortelândia (09)	239	16	22,25
	Espia (10)	277	25	37,70
Serrinha (6)	Jenipapo (7)	000	00	00,00
	Europa (8)	40	24	05,88
	Tomé (5)	104	24	45,43
	Passa Três (4)	149	21	29,49
	São Pedro (2)	183	28	03,15
Jenipapo (7)	Europa (8)	000	00	00,00
	Tomé (5)	63	58	04,50
	Serrinha (6)	96	31	44,48
Europa (8)	Pontinha (11)	000	00	00,00
	Espia (10)	49	59	20,31
	Nortelândia (9)	57	17	41,91
	Tomé (5)	98	22	39,89
	Serrinha (6)	130	57	48,52
	Jenipapo (7)	174	01	59,41
Nortelândia (9)	Tomé (5)	000	00	00,00
	Europa (8)	89	03	55,18
	Pontinha (11)	166	40	08,04
	Espia (10)	253	44	53,49
Espia (10)	Tomé (5)	000	00	00,00
	Nortelândia (9)	35	35	39,99
	Europa (8)	43	36	19,18

LISTA DE DIREÇÕES

ESTAÇÃO	ESTAÇÃO VISADA	DIREÇÕES OBSERVADAS		
		0	"	"
Espia (10)	Pontinha (11)	89	54	40,51
	Estiva (12)	123	56	01,57
	Dourado (14)	177	16	18,09
Pontinha (11)	Santana (13)	000	00	00,00
	Dourado (14)	28	29	07,12
	Estiva (12)	40	18	53,45
	Espia (10)	54	37	03,54
	Nortelândia (9)	93	13	18,72
	Tomé (5)	98	48	51,26
	Europa (8)	138	19	24,72
Estiva (12)	Pontinha (11)	000	00	00,00
	Santana (13)	51	42	54,11
	Dourado (14)	144	50	26,44
	Espia (10)	228	19	31,20
Santana (13)	Peixe (15)	000	00	00,00
	Catingueiro (16)	25	34	48,96
	Dourado (14)	68	56	12,68
	Estiva (12)	106	21	14,10
	Pontinha (11)	194	19	28,32
Dourado (14)	Espia (10)	000	00	00,00
	Estiva (12)	43	10	39,14
	Pontinha (11)	66	30	27,88
	Santana (13)	92	38	06,59
	Peixe (15)	140	33	02,27
	Catingueiro (16)	170	49	14,11
	Lages (17)	203	11	45,94
	Uruaçu (20)	249	40	10,85
Peixe (15)	Catingueiro (16)	000	00	00,00
	Dourado (14)	49	13	15,84
	Santana (13)	112	22	07,73
Catingueiro (16)	Lages (17)	000	00	00,00
	Uruaçu (18)	60	21	11,30
	Dourado (14)	117	16	34,01
	Santana (13)	175	44	03,20
	Peixe (15)	217	47	06,19
Lages (17)	Uruaçu (18)	159	50	32,92
	Dourado (14)	202	54	43,50
	Catingueiro (16)	233	15	37,49
Uruaçu (18)	Dourado (14)	000	00	00,00
	Catingueiro (16)	44	13	40,91
	Lages (17)	90	27	26,18

LISTA DE DIREÇÕES (Continuação)

APÊNDICE B

CÁLCULO PRELIMINAR DOS TRIÂNGULOS

VÉRTICE	DESIGNAÇÃO DO ÂNGULO	PONTO	ÂNGULOS OBSERVADOS	ÂNGULOS PLANOS	DISTÂNCIAS (m)
São João	-1+3	01	72 46 53,09	52,67	30709,7346 24173,2713
São Pedro	-7+8	02	44 25 48,19	47,77	
Porteirinha	-9+10	03	62 47 19,98	19,56	
		1-2	180 00 1,26		
		1-3			
São Pedro	-6+7	02	41 28 34,69	34,28	21517,8365 22077,8172
Porteirinha	-10+11	03	40 12 14,53	14,12	
Passa Três	-12+14	04	98 19 12,01	11,60	
		2-4	180 00 1,23		
		3-4			
São João	-1+2	01	36 26 21,74	21,39	
Porteirinha	-6+8	03	102 59 34,51	34,16	
Passa Três	-13+14	04	40 34 04,79	04,44	
			180 00 1,04		
São João	-2+3	01	36 20 31,35	30,87	21517,8365
São Pedro	-9+11	02	85 54 22,88	22,40	
Passa Três	-12+13	04	57 45 07,22	06,74	
		1-4	180 00 1,45		
		2-4			
São Pedro	-4+6	02	110 09 58,41	58,19	22404,8329
Passa Três	-14+15	04	35 43 28,60	28,38	
Serrinha	-28+29	06	34 06 33,66	33,44	
		2-6	180 00 0,67		
		4-6			
Passa Três	-15+16	04	29 02 15,69	15,25	
Tomé	-17+18	05	106 01 01,58	01,14	
Serrinha	-27+28	06	44 56 44,06	43,62	
			180 00 1,33		
São Pedro	-5+6	02	66 51 59,46	59,13	26472,9280
Passa Três	-14+16	04	64 45 44,29	43,96	
Tomé	-17+18	05	48 22 17,24	16,91	
		2-5	180 00 0,99		
		4-5			
São Pedro	-4+5	02	43 17 58,95	58,61	18189,3250
Tomé	-18+19	05	57 38 44,34	44,00	
Serrinha	-27+29	06	79 03 17,72	17,38	
			180 00 01,01		
		5-6			

Cálculo Preliminar dos Triângulos

VÉRTICE	DESIGNAÇÃO DO ÂNGULO	PONTO	ÂNGULOS OBSERVADOS ° ' "			ÂNGULOS PLANOS "	DISTÂNCIAS (m)
Tomé Serrinha Jenipapo	-19+20	05	43	01	37,34	36,42	23060,9846
	-25+27	06	104	24	45,43	44,51	
	-31+32	07	32	33	39,98	39,06	
			180	00	2,75		
		5-7 6-7					
Tomé Jenipapo Europa	-20+21	05	40	22	35,67	35,77	30358,9492 21887,2918
	-30+31	07	63	58	04,50	04,60	
	-36+38	08	75	39	19,52	19,62	
			179	59	59,69		
		5-8 7-8					
Tomé Serrinha Europa	-19+21	05	83	24	13,01	12,61	
	-26+27	06	64	00	39,55	39,15	
	-36+37	08	32	35	08,63	08,23	
			180	00	1,19		
		6-8					
Serrinha Jenipapo Europa	-25+26	06	40	24	05,88	05,46	
	-30+32	07	96	31	44,48	44,06	
	-37+38	08	43	04	10,89	10,47	
			180	00	01,25		
Tomé Europa Nortelândia	-21+23	05	49	51	07,96	07,59	19952,9564 23208,9453
	-35+36	08	41	04	57,98	57,61	
	-39+40	09	89	03	55,18	54,81	
		5-9 8-9					
Europa Nortelândia Pontinha	-33+35	08	57	17	41,91	41,65	27569,9877
	-40+41	09	77	36	12,86	12,60	
	-53+55	11	45	06	06,00	05,74	
			180	00	0,77		
		9-11					
Nortelândia Espia Pontinha	-41+42	09	87	04	45,45	45,07	
	-44+46	10	54	19	00,52	00,14	
	-52+53	11	38	36	15,18	14,80	
			180	00	1,15		
Tomé Nortelândia Espia	-23+24	05	38	09	15,15	14,60	21178,0247
	-42+39	09	106	15	06,51	05,96	
	-43+44	10	35	35	39,99	39,44	
			180	00	1,65		
		9-10					
Tomé Europa Pontinha	-21+22	05	42	06	48,67	48,00	
	-33+36	08	98	22	39,89	39,22	
	-54+55	11	39	30	33,46	32,79	
			180	00	2,02		
		5-11					

Cálculo Preliminar dos Triângulos (continuação)

VÉRTICE	DESIGNAÇÃO DO ÂNGULO	PONTO	ÂNGULOS OBSERVADOS	ÂNGULOS PLANOS	DISTÂNCIAS (m)
Tomé	-22+24	05	45 53 34,44	33,55	
Espia	-43+46	10	89 54 40,51	39,62	
Pontinha	-52+54	11	44 11 47,72	46,83	
			180 00 2,67		
Tomé	-21+24	05	88 00 23,11	22,49	
Europa	-34+36	08	48 23 19,58	18,96	
Espia	-43+45	10	43 36 19,18	18,56	
		8-10	180 00 1,87		
		5-10			32911,1545
Europa	-33+34	08	49 59 20,31	19,37	
Espia	-45+46	10	46 18 21,33	20,39	
Pontinha	-52+55	11	83 42 21,18	20,24	
		8-11	180 00 2,82		
		10-11			32000,4722
					33898,5634
Tomé	-22+23	05	07 44 19,29	19,33	
Nortelândia	-39+41	09	166 40 08,04	08,08	
Pontinha	-53+54	11	05 35 32,54	32,58	
			179 59 59,87		
Europa	-34+35	08	07 18 21,60	21,90	
Nortelândia	-40+42	09	164 40 58,31	58,61	
Espia	-44+45	10	08 00 39,19	39,49	
			179 59 59,10		
Espia	-46+47	10	34 01 21,06	21,08	
Pontinha	-51+52	11	14 18 10,09	10,11	
Estiva	+56-59	12	131 40 28,80	28,82	
		11-12	179 59 59,95		
		10-12			25393,0440
					11211,8904
Pontinha	-49+51	11	40 18 53,45	52,86	
Estiva	-56+57	12	51 42 54,11	13,63	
Santana	-63+64	13	87 58 14,22	53,52	
		12-13	180 00 1,79		
					16439,2363
Estiva	-57+58	12	93 07 32,33	31,93	
Santana	-62+63	13	37 25 01,42	01,02	
Dourado	-66+68	14	49 27 27,45	27,05	
			180 00 1,20		
Espia	-47+48	10	53 20 16,52	16,38	
Estiva	-58,59	12	83 29 04,76	04,62	
Dourado	-65+66	14	43 10 39,14	39,00	
		12-14	180 00 0,42		
					13143,8908

Cálculo Preliminar dos Triângulos (continuação)

VÉRTICE	DESIGNAÇÃO DO ÂNGULO	PONTO	ÂNGULOS OBSER- DOS 0 1 2			ÂNGULOS PLANOS "	DISTÂNCIAS (m)
Espia	-46+48	10	87	21	37,58	36,95	16278,7998
Pontinha	-50+52	11	26	07	56,42	55,79	
Dourado	-65+67	14	66	30	27,88	27,25	
		11-14	180	00	1,88		
		10-14					
Pontinha	-49+50	11	28	29	07,12	06,63	21600,3384 19944,3183
Santana	-62+64	13	125	23	15,64	15,15	
Dourado	-67+68	14	26	07	38,71	38,22	
		13-14	180	00	1,47		
		11-13					
Pontinha	-50+51	11	11	49	46,33	45,83	
Estiva	-56+58	12	144	50	26,44	25,94	
Dourado	-66+67	14	23	19	48,74	48,24	
			180	00	1,51		
Santana	-61-62	13	43	21	23,72	23,58	
Dourado	-68+70	14	78	11	07,52	07,38	
Catingueiro	-78+79	16	58	27	29,19	29,05	
		13-16	180	00	0,43		
Santana	-60+61	13	25	34	48,96	49,07	
Peixe	-73+75	15	112	22	07,73	07,84	
Catingueiro	-79+80	16	42	03	02,99	03,10	
			179	59	59,68		
Santana	-60+62	13	68	56	12,68	12,60	17968,2784
Dourado	-68+69	14	47	54	55,68	55,60	
Peixe	-74+75	15	63	08	51,89	51,81	
		14-15	180	00	0,25		
		13-15					
Dourado	-69+70	14	30	16	11,84	11,89	11582,9781 17400,2694
Peixe	-73+74	15	49	13	15,84	15,89	
Catingueiro	-78+80	16	100	30	32,18	32,23	
		15-16	179	59	59,86		
		14-16					
Dourado	-70+71	14	32	22	31,83	31,89	18440,6600
Catingueiro	-76+78	16	117	16	34,01	34,07	
Lages	-82+83	17	30	20	53,99	54,05	
		14-17	179	59	59,83		
		16-17					
Dourado	-71+72	14	46	28	24,91	24,36	20903,0678
Lages	-81+82	17	43	04	10,58	10,02	
Uruaçu	-84+86	18	90	27	26,18	25,62	
		14-18	180	00	1,67		

Cálculo Preliminar dos Triângulos (continuação)

VÉRTICE	DESIGNAÇÃO DO ÂNGULO	PONTO	ÂNGULOS OBSERVADOS O I "	ÂNGULOS PLANOS "	DISTÂNCIAS (m)
Dourado	-70+72	14	78 50 56,74	56,62	
Catingueiro	-77+78	16	56 55 22,71	22,59	
Uruaçu	-84+85	18	44 13 40,91	40,79	
		16-18	180 00 0,36		
		14-18			20903,0678
Catingueiro	-76+77	16	60 21 11,30	10,92	
Lages	-81+83	17	73 25 04,57	04,19	
Uruaçu	-85+86	18	46 13 45,27	44,89	
		17-18	180 00 1,14		
					22194,0967

Cálculo Preliminar dos Triângulos (continuação)

APÊNDICE C

CÁLCULO PROVISÓRIO DOS TRIÂNGULOS PARA O TRANSPORTE DE COORDENADAS

ESTAÇÃO	ÂNGULO	Nº	ÂNGULO OBSERVADO o ' "			EXCESSO ESFÉRI- CO (")	ÂNGU- LO PLA NO (")	DISTÂNCIA (m)
São João São Pedro Porteirinha	-1+3 -7+8 -9+10	01 02 03	72 44 62	46 25 47	53,09 48,74 19,98	0,61 0,60 0,60 <u>1,81</u>	52,48 48,14 19,38	24173,3264 32983,8097
São Pedro Porteirinha Passa Três	-6+7 -10+11 -12+14	02 03 04	41 40 98	28 12 19	34,66 14,53 12,01	0,40 0,40 0,40 <u>1,20</u>	34,26 14,13 11,61	21517,8414 22077,8185
São Pedro Passa Três Tomé	-5+6 -14+16 -17+18	02 04 05	66 64 48	51 45 22	59,78 44,29 17,24	0,44 0,44 0,43 <u>1,31</u>	59,34 43,85 16,81	26039,8161 26472,9569
São Pedro Tomé Serrinha	-4+5 -18+19 -27+29	02 05 06	43 57 79	17 38 03	58,96 44,34 17,72	0,34 0,34 0,34 <u>1,02</u>	58,62 44,00 17,38	22404,7891 18189,3333
Tomé Serrinha Jenipapo	-19+20 -25+27 -31+32	05 06 07	43 104 32	01 24 33	35,63 45,43 39,98	0,35 0,35 0,34 <u>1,04</u>	35,28 45,08 18,97	23060,7571 32733,1448
Tomé Jenipapo Europa	-20+21 -30+31 -36+38	05 07 08	40 63 75	22 58 39	37,62 04,50 19,52	0,54 0,55 0,55 <u>1,64</u>	37,08 03,95 18,97	30358,7855 21887,3710
Tomé Europa Nortelândia	-21+23 -35+36 -39+40	05 08 09	49 41 89	51 04 03	07,96 58,04 55,18	0,39 0,40 0,39 <u>1,18</u>	07,57 57,64 54,79	19952,8521 23208,8183
Tomé Europa Espia	-21+24 -34+36 -43+45	05 08 10	88 48 43	00 23 36	23,11 20,26 19,18	0,85 0,85 0,85 <u>2,55</u>	22,26 19,41 18,33	32911,1280 43911,7564

Cálculo provisório dos triângulos para o transporte de coordena-
das

ESTAÇÃO	ÂNGULO	Nº	ÂNGULO OBSERVADO o ' "			EXCESSO ESFÉRI- CO (")	ÂNGULO PLANO (")	DISTÂNCIA (m)
Europa Espia Pontinha	-33+34	08	49	59	20,31	0,92	19,39	32000,5007 33898,4214
	-45+46	10	46	18	21,26	0,91	20,35	
	-52+55	11	83	42	21,18	0,92	20,26	
		8-11 10-11				<u>2,75</u>		
Espia Pontinha Estiva	-46+47	10	34	01	21,06	0,18	20,88	11211,9170 25392,8792
	-51+52	11	14	18	10,68	0,18	10,50	
	-59+56	12	131	40	28,80	0,18	28,62	
		10-12 11-12				<u>0,54</u>		
Espia Pontinha Dourado	-46+48	10	87	21	37,58	0,47	37,11	16279,6551 36922,8763
	-50+52	11	26	07	65,95	0,47	55,48	
	-65+67	14	66	30	27,88	0,47	27,41	
		10-14 11-14				<u>1,41</u>		
Pontinha Santana Dourado	-49+50	11	28	29	07,12	0,30	06,82	19944,1668 21600,2922
	-62+64	13	125	23	15,64	0,30	15,34	
	-67+68	14	26	07	38,14	0,30	37,84	
		11-13 14-13				<u>0,90</u>		
Santana Dourado Peixe	-60+62	13	68	56	12,68	0,31	12,37	17968,2855 22593,1989
	-68+69	14	47	54	56,35	0,30	56,05	
	-74+75	15	63	08	51,89	0,31	51,58	
		13-15 14-15				<u>0,92</u>		
Dourado Peixe Catingueiro	-69+70	14	30	16	12,49	0,17	12,32	17400,2151 11582,9939
	-73+74	15	49	13	15,84	0,17	15,67	
	-79+80	16	100	30	32,18	0,17	32,01	
		14-16 15-16				<u>0,51</u>		
Dourado Catingueiro Uruaçu	-70+72	14	78	50	56,74	0,31	56,43	20903,2244 24475,0614
	-78+79	16	56	55	23,26	0,30	22,96	
	-84+85	18	44	13	40,91	0,30	40,61	
		14-18 16-18				<u>0,91</u>		
Catingueiro Lages Uruaçu	-76+77	16	60	21	11,30	0,33	10,97	18440,6498 22194,0449
	-81+83	17	73	25	04,57	0,34	04,23	
	-85+86	18	46	13	45,13	0,33	44,80	
		16-17 18-17				<u>1,00</u>		

Cálculo provisório dos triângulos para o transporte de coordenadas (continuação)

APÊNDICE D

PROGRAMAS EM LINGUAGEM FORTRAN

```

      IMPLICIT REAL*8(A-F,C-Z)
      DIMENSION LATG(30),LATM(30),XLATS(30),LONG(30),LONM(30),XLONS(30)
      1,IAZG(30),IAZM(30),AZS(30),DIST(30),P1(30),P2(30),P3(30),P4(30),
      2P5(30),ICONG(30),ICCNM(30),CONAS(30)
      I=1
      ICCNG(I)=0
      ICCNM(I)=0
      CONAS(I)=0
      IALFG=0
      IALFM=0
      ALFS=0
      READ(1,10)P1(I),P2(I),P3(I),P4(I),P5(I),LATG(I),LATM(I),XLATS(I),
      1LONG(I),LONM(I),XLONS(I),IAZG(I),IAZM(I),AZS(I),DIST(I)
10  FORMAT(4A4,A2,I3,I3,F8.4,I6,I3,F8.4,I7,I3,F8.4,F13.5)
      WRITE(3,15)
15  FORMAT(1H1,5(/),40X,'TRANSPORTE DE COORD. ELIPSOIDICAS (POISSANT)
      1'///)
      WRITE(3,20)
20  FORMAT(5X,'VERTICE',11X,'LATITUDE',8X,'LONGITUDE',7X,'AZIMUTE',8X,
      1'DISTANCIA',5X,'CENTRA-AZIMUTE',3X,'ANG. HORIZONTAL'///)
40  WRITE(3,25) ICCNG(I),ICCNM(I),CONAS(I)
25  FORMAT('+',80X,I6,I3,F8.4)
      WRITE(3,30)P1(I),P2(I),P3(I),P4(I),P5(I),LATG(I),LATM(I),XLATS(I),
      1LONG(I),LONM(I),XLONS(I),IAZG(I),IAZM(I),AZS(I),DIST(I),
      2IALFG,IALFM,ALFS
30  FORMAT(4A4,A2,I3,I3,F8.4,I6,I3,F8.4,I7,I3,F8.5,F13.4,F1X,
      1I6,I3,F8.4)
      IF(DIST(I))100,110,100
100 CONTINUE
C   CONSTANTES E PARAMETROS
      E2=0.67226700220-C2
      SEG=484813681.0-14
      SEG2=SLG*SEG
      RAIC=6378388.0+C0
      PI=3.141592653589793
      PI2=2.*PI
      RAE=PI/180.
      AUX=RAIC*(1.-C2)
C   VALORES AUXILIARES
      XLATR=(DFLOAT(LATG(I))+DFLOAT(LATM(I))/60.+XLATS(I)/3600.)*RAD
      XLONR=(DFLOAT(LONG(I))+DFLOAT(LONM(I))/60.+XLONS(I)/3600.)*RAD
      AZR=(DFLOAT(IAZG(I))+DFLOAT(IAZM(I))/60.+AZS(I)/3600.)*RAD
      SLAT=DSIN(XLATR)
      S2LAT=SLAT*SLAT
      CLAT=DCOS(XLATR)
      TLAT=SLAT/CLAT
      T2LAT=TLAT*TLAT
      CAZ=DCOS(AZR)
      SAZ=DSIN(AZR)
      S2AZ=SAZ*SAZ
      AUX1=E2*S2LAT
      V=RAIC/DSQRT(1.-AUX1)
      GM=AUX/(1.-AUX1)*DSQRT(1.-AUX1)
      A=1./(V*SEG)
      B=1./(GM*SLG)
      C=TLAT/(2.*V*GM*SEC)
      D=1.5+E2*CLAT*SLAT*SEG/(1.-AUX1)
      E=(1.+3.*T2LAT)/(6.*V*V)

```

Programa 1

```

C      CALCULO DA LATITUDE DO VERTICE2
      T1=8*DIST(I)*CAZ
      T2=C*DIST(I)**2*S2A2
      T3=E*T1*DIST(I)*DIST(I)*S2A2
      DFI=T1+T2-T3
      DELFI=(DFI+D*DFI**2)*RAD/3600.
      FIR=XLATR-DELEFI
      FIG=FIR/RAD
      IFIG=FIG
      FIFG=FIG-DFLCAT(IFIG)
      FIM=FIFG*60.
      IFIM=FIM
      FIFM=FIM-DFLCAT(IFIM)
      FIS=FIFM*60.
C      CALCULO DA LONGITUDE DO VERTICE 2
      AUXFI=E2*(DSIN(FIR)*DSIN(FIR))
      VFI=RAIO/(DSQRT(1.-AUXFI))
      AFI=1./(VFI*SEG)
      DELCS=AFI*DIST(I)*SAZ/DCOS(FIR)
      DELCR=DELCS*RAD/3600.
      DELOR=DELCR-(DELCR-DSIN(DELCR))
      XL=XLNR+DELCR
      XLG=XL/RAD
      LG=XLG
      ALFG=XLG-DFLCAT(LG)
      ALM=ALFG*60.
      IALM=ALM
      ALFM=ALM-IALM
      ALS=ALFM*60.
C      CALCULO DO CONTRA-AZIMUTE (AZIMUTE 2 PARA 1)
      Y=(XLATR+FIR)*0.5
      YY=(XLATR-FIR)*0.5
      SY=DSIN(Y)
      CY=DCOS(Y)
      CYY=DCOS(YY)
      F=SY*CY*CY*SEG2/12.
      DEAZ=DELCS*SY/CYY-F*DELCS**2
      DFAZR=DEAZ*RAD/3600.
      CAZR=AZR-DEAZR
      IF(AZR-PI)70,70,80
70    CAR=CAZR+PI
      GO TO 90
80    CAR=CAZR-PI
90    CONTINUE
      COAZG=CAR/RAD
      ICCAZ=COAZG
      COAZF=COAZG-DFLCAT(ICCAZ)
      COAZM=COAZF*60.
      ICCAM=COAZM
      CCAMF=COAZM-DFLCAT(ICCAM)
      COAZS=CCAMF*60.
      I=I+1
      READ(1,50)P1(I),P2(I),P3(I),P4(I),P5(I),IALIG,IALFM,ALFS,DIST(I)
50    FORMAT(4A4,A2,2I3,F8.4,F13.5)
      XAZRA=(DFLUA1(IALFG)+DFLCAT(IALFM)/60.+ALFS/3600.)*RAD
      AZNR=CAR+XAZRA
103   IF(AZNR-PI2)101,102,102
102   AZNR=AZNR-PI2

```

Programa 1 (continuação)


```

      GO TO 103
101  CAG=AZNR/RAD
      ICAG=CAG
      CACF=CAG-DFLCAT(ICAG)
      CAM=CACF*60.
      ICAM=CAM
      CAMF=CAM-DFLCAT(ICAM)
      CAS=CAMF*60.
      LATG(I)=FIG
      LATM(I)=IFIM
      XLATS(I)=FIS
      LONG(I)=LG
      LONM(I)=IALM
      XLCNS(I)=ALS
      IAZG(I)=ICAG
      IAZM(I)=ICAM
      AZS(I)=CAS
      ICCNG(I)=ICGAZ
      ICCNM(I)=ICCAM
      CUNAS(I)=CUAZS
      GO TO 40
110  CONTINUE
      CALL EXIT
      END

```

Programa 1 (continuação)

```

C      AJUSTAMENTO POR CORRELACAO PROGRAMA PRINCIPAL
      DIMENSION NK1(327),NK2(327),IW(38),IR(38)
      DOUBLE PRECISION BF(322),A(38,86),w(38),AI(86,38),AA(38,38),Aw(38,
*1),V(86),AK(1),WT(1,38),BM(86,38),BB(86,86),BE(86,86),BBA(1)
      DATA NK1/1,3,7,8,9,10,1,2,6,8,13,14,6,7,10,11,12,14,4,6,14,15,28,2
*9,5,6,14,16,17,18,4,5,18,19,27,29,19,21,26,27,36,37,25,26,30,32,37
*,38,20,21,30,31,36,38,21,23,35,36,39,40,33,35,40,41,53,55,41,42,44
*,46,52,53,22,24,43,46,52,54,21,24,34,36,43,45,33,34,45,46,52,55,46
*,47,51,52,56,59,49,51,56,57,63,64,57,58,62,63,66,68,46,48,50,52,65
*,67,49,50,62,64,67,68,61,62,68,70,78,79,69,70,73,74,78,80,60,62,69
*,69,74,75,71,72,81,82,84,86,70,72,77,78,84,85,76,77,81,83,85,86,1,
*2,3,6,7,8,9,10,11,4,5,6,14,15,16,27,28,29,19,20,21,30,31,32,36,37,
*38,21,22,24,43,45,46,52,54,55,21,23,24,33,35,36,43,44,46,52,53,55,
*21,23,24,34,35,36,43,44,45,46,47,48,49,51,52,62,63,64,65,66,68,46,
*47,48,50,51,52,65,66,67,60,61,62,68,69,70,78,79,80,70,71,72,81,82,
*83,84,85,86,1,3,9,11,12,16,17,24,43,48,65,72,1,3,4,5,9,10,11,12,14
*,16,17,18,21,24,25,27,29,30,31,32,33,34,36,38,43,45,46,48,49,50,52
*,55,60,62,64,65,67,70,72,73,74,75,76,77,78,80,81,83,84,85/,NK2/1,1
*,1,1,1,1,2,2,2,2,2,2,3,3,3,3,3,3,4,4,4,4,4,4,5,5,5,5,5,5,6,6,6,6,6
*,6,7,7,7,7,7,7,8,8,8,8,8,8,9,9,9,9,9,10,10,10,10,10,10,11,11,11,
*11,11,11,12,12,12,12,12,12,13,13,13,13,13,13,14,14,14,14,14,14,15,
*15,15,15,15,15,16,16,16,16,16,16,17,17,17,17,17,17,18,18,18,18,18,
*18,19,19,19,19,19,19,20,20,20,20,20,20,21,21,21,21,21,21,22,22,22,
*22,22,22,23,23,23,23,23,23,24,24,24,24,24,24,25,25,25,25,25,25,26,
*26,26,26,26,26,27,27,27,27,27,27,27,27,27,27,27,28,28,28,28,28,28,29,29,
*29,29,29,29,29,29,29,29,29,30,30,30,30,30,30,30,30,30,31,31,31,31,
*31,31,31,31,31,31,31,31,31,32,32,32,32,32,32,32,32,32,33,33,33,33,
*33,33,33,33,33,33,33,33,34,34,34,34,34,34,34,34,34,35,35,35,35,35,
*35,35,35,35,36,36,36,36,36,36,36,36,36,37,37,37,37,37,37,37,37,37,
*37,37,37,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,
*38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,38,
*38,38,38,38,38,38,38,38/
C      LEITURA DOS DADOS DE ENTRADA
      DO 140 I=1,38
      DO 140 J=1,86
      A(I,J)=0.0
140 CONTINUE
      READ(1,10)(BK(I),I=1,314)
10  FORMAT(6F13.10)
      READ(1,20)(w(I),I=1,38)
20  FORMAT(6F13.10)
C      FORMACAO DA MATRIZ E DAS EQUACOES DE CONDICAO
      DO 50 N=1,314
      I=NK2(N)
      J=NK1(N)
      A(I,J)=BK(N)
50 CONTINUE
      CALL GGGR(A,AT,38,86)
      CALL GGGRD(A,AT,AA,28,86,38)
C      INVERSAO DE UMA MATRIZ
      CALL MMV(AA,38,DET,IW,IR)
      CALL GGGRD(AT,AA,BM,86,38,38)
      CALL SSSY(AA,-1.,AA,38,38,0)
      CALL GGGRD(AA,w,Aw,38,38,1)
C      CALCULO DAS CORRECCES V
      CALL GGGRD(AT,Aw,V,86,38,1)
      CALL GGGR(Aw,WT,38,1)
      CALL SSSY(WT,-1.,WT,38,1,0)

```

```

      CALL GGGORD(WT,W,AK,1,38,1)
      AK(1)=AK(1)/38.
      CALL GGGKDBM,A,BB,86,38,86)
      DO 80 I=1,86
      DO 80 J=1,86
C      CALCULO DA MATRIZ VA-COVARIANCIA E DE SIGMA ZERO
      BE(I,J)=0.0
      IF(I-J)81,82,81
81  GO TO 80
82  BE(I,J)=1.
80  CONTINUE
      CALL GSUBT(BE,BB,BE,86,86)
      DO 90 I=1,86
      DO 90 J=1,86
      BB(I,J)=AK(1)*BE(I,J)
90  CONTINUE
      BBA(1)=0.0
      DO 827 I=1,86
      DO 827 J=1,86
      IF(I-J)828,829,828
828  GO TO 827
829  BBA(1)=BBA(1)+BB(I,J)
827  CONTINUE
      STOP
      END

```

Programa 2 (continuação)

```

C      AJUSTAMENTO POR VARIACAO DE COORDENADAS PROGRAMA PRINCIPAL
      DIMENSION ILC(18),ILM(18),ILC(18),IOM(18),NP1(84),NP2(84),NC1(84),
      INC2(84),IDG(84),IOM(84),IRI(46),NEV(46),NC(42),IAFI(18),JAF
      *1(18),IAH1(18),JAH1(18),IVL(400),IVC(400)
      DOUBLE PRECISION RZD,XLS(18),XCS(18),F(18),H(18),AZ(18,18),DS(18,1
      *8),A(85,48),XDS(18),AI(46,85),AB(46,46),DET(1),AB(46,46),XB(46,1),
      ITI(85,1),X(46,1),D(18,18),ZO(18,18),AO(18,18),Z(18),OI(84),XI(46,1
      *),TA(1,85),TT(1),XX(1),VA(46,46),TX,XT(1,46),AF1(18),CAF1(18),AFM(
      *18),DAFI(18),AFIS(18),AH1(18),CAH1(18),AHM(18),DAH1(18),AHS(18),O(8
      *5,46),VF(400)
      DATA O/3910*0.0/
      DATA A/4080*0.00/
      DATA DS/324*0.0/
      DATA O/324*0.0/
      DATA AZ/324*0.0/
C      LEITURA DE DADOS
      DATA NP1/1,1,2,2,2,2,2,3,3,4,4,4,4,4,5,5,5,5,5,5,5,6,6,6,6,6,7,7
      *,7,8,8,8,8,8,9,9,9,9,10,10,10,10,10,11,11,11,11,11,11,11,12,1
      *2,12,12,12,13,13,13,13,14,14,14,14,14,14,14,15,15,15,16,16,16,1
      *6,16,17,17,17,18,18,18//NP2/2,4,3,4,5,6,1,2,4,1,2,3,5,6,2,4,6,7,8,
      *9,10,11,2,4,5,7,8,5,6,8,5,6,7,9,10,11,5,8,10,11,5,8,9,11,12,14,5,8
      *,9,10,12,13,14,10,11,13,14,11,12,14,15,16,10,11,12,13,15,16,17,18,
      *13,14,16,13,14,15,17,18,14,16,18,14,16,17//
      DATA NC1/1,4,1,4,7,10,1,2,1,4,4,4,4,7,7,7,7,7,7,7,10,10,10,10,
      *10,13,13,13,16,16,16,16,16,16,19,19,19,19,22,22,22,22,22,22,25,25,
      *25,25,25,25,28,28,28,28,31,31,31,31,31,34,34,34,34,34,34,34,34,
      *37,37,37,40,40,40,40,43,43,43,46,46,46//NC2/0,0,0,0,0,0,0,0,4,
      *,0,1,7,10,0,4,10,13,16,19,22,25,0,4,7,13,16,7,10,16,7,10,13,19,22,
      *25,7,16,22,25,7,16,19,25,28,34,7,16,19,22,28,31,34,22,25,31,34,25,
      *28,34,37,40,22,25,28,31,37,40,43,46,31,34,40,31,34,37,43,46,34,40,
      *46,34,40,43//
      DATA NI/1,1,1,2,2,2,2,3,4,4,5,5,5,5,5,6,6,7,8,8,8,9,9,10,10,11,
      11,11,12,12,13,13,13,14,14,14,14,15,16,16,17//NC/3,4,3,4,5,6,4,5,6
      1,6,7,8,9,10,11,7,8,8,9,10,11,10,11,11,12,14,12,13,14,13,14,14,15,1
      16,15,16,17,18,16,17,18,18//
      RAD=.31415926540*0.17.1800*0.3
      READ(1,100) (IOM(I),IEM(I),XDS(I)),I=1,84
100  FORMAT(7(2I3,F8.2))
      DO 101 K=1,84
101  C1(K)=(DFLOAT(IOM(K))+DFLOAT(IEM(K))/.600+2*XDS(K)/.360*4)
      DO 102 K=1,84
          I=NP1(K)
          J=NP2(K)
          D(I,J)=D1(K)
102  CONTINUE
      DO 33 J=1,18
          READ(1,17) ILC(J),ILM(J),XLS(J)
17  FORMAT(2I3,F8.4)
      33  F(J)=(DFLOAT(ILC(J))+DFLOAT(ILM(J))/.600+02*XLS(J)/.360*04)*RAD
      DO 34 K=1,18
          READ(1,18) ILC(K),ICM(K),XCS(K)
18  FORMAT(2I3,F8.4)
      34  H(K)=(DFLOAT(ILC(K))+DFLOAT(ICM(K))/.600+02*XCS(K)/.360*04)*RAD
      CALL PRIV (F,F,DS,AZ,AL,NC)
      DO 723 I=1,18
          F(I)=F(I)*(-1.)
723  H(I)=H(I)*(-1.)
C      CALCULO DA MATRIZ A E DO VETOR L

```

```

      CALL COEF (H,F,DS,AZ,A,AP1,AP2,NC1,NC2)
      DO 667 I=1,85
      DO 661 K=1,35
661  O(I,K)=A(I,K)
      DO 662 J=36,46
      J1=J+1
662  G(I,J)=A(I,J1)
      IC=0
      DO 10 I=1,85
      DO 10 J=1,46
      IF(O(I,J).EQ.0) GO TO 10
      IC=IC+1
      IVL(IC)=I
      IVC(IC)=J
      VF(IC)=G(I,J)
10  CONTINUE
      CALL TELC (AZ,D,TI,ZC,AC,Z,DS)
C   CALCULO DAS CORRECCES X
      CALL SITE(D,TI,X,AA,XB,ITER)
      WRITE(3,571)ITER
571  FORMAT(/10X,'ITER=',15)
      DO 405 I=1,46
      WRITE(3,406)I,X(I,1)
406  FORMAT(15X,'X(',12,')=',12.5)
405  CONTINUE
      CALL MMMV(AA,46,DET,IRI,REV)
      CALL SSSY(AA,-1.,AA,46,46,0)
      CALL GGGRO(AA,XB,X1,46,46,1)
C   CALCULO DA M-V-C E DE SIGMA ZERO
      CALL SSSY(AA,-1.,AA,46,46,0)
      CALL GGGRA(TI,TA,85,1)
      CALL GGGRB(TA,TI,TI,1,85,1)
      CALL GGGRA(X1,XT,46,1)
      CALL GGGRO(XT,XB,XX,1,46,1)
      TX=(TI(1)+XX(1))/35.
      DO 713 I=1,46
      DO 713 J=1,46
      VA(I,J)=TX*(AA(I,J))
713  CONTINUE
C   CALCULO DA S. COORDENADAS DEFINITIVAS
      J=1
      I=3
513  F(I)=F(I)+(X(J,1)/3600.)*RAD
      J=J+1
      H(I)=H(I)+(X(J,1)/3600.)*RAD
      I=I+1
      J=J+2
      IF(I-13)513,513,665
665  F(14)=F(14)+(X(24,1)/3600.)*RAD
      H(14)=H(14)+(X(25,1)/3600.)*RAD
      F(15)=F(15)+(X(30,1)/3600.)*RAD
      H(15)=H(15)+(X(37,1)/3600.)*RAD
      F(16)=F(16)+(X(39,1)/3600.)*RAD
      H(16)=H(16)+(X(40,1)/3600.)*RAD
      F(17)=F(17)+(X(42,1)/3600.)*RAD
      H(17)=H(17)+(X(43,1)/3600.)*RAD
      F(18)=F(18)+(X(45,1)/3600.)*RAD
      H(18)=H(18)+(X(46,1)/3600.)*RAD

```

Programa 3 (continuação)

```

DO 501 KN=1,18
  AH1(KN)=F(KN)/RAC
  IAH1(KN)=AH1(KN)
  CAH1(KN)=AH1(KN)-DFLOAT(IAH1(KN))
  AHM(KN)=CAH1(KN)*6C.
  JAH1(KN)=AHM(KN)
  DAH1(KN)=AHM(KN)-DFLOAT(JAH1(KN))
  AHS(KN)=DAH1(KN)*6C.
  AF1(KN)=F(KN)/RAC
  IAF1(KN)=AF1(KN)
  CAF1(KN)=AF1(KN)-DFLOAT(IAF1(KN))
  AFM(KN)=CAF1(KN)*6C.
  JAF1(KN)=AFM(KN)
  DAF1(KN)=AFM(KN)-DFLOAT(JAF1(KN))
  AFS(KN)=DAF1(KN)*6C.
501 CONTINUE
  WRITE(3,502)((IAF1(I),JAF1(I),AFS(I)),I=1,18)
502 FORMAT(/10X,'LAT',/(2X,2I3,F8.4))
  WRITE(3,503)((IAH1(I),JAH1(I),AHS(I)),I=1,18)
503 FORMAT(/10X,'LON',/(2X,2I3,F8.4))
DO 722 I=1,18
  F(I)=F(I)*(-1.)
722 H(I)=H(I)*(-1.)
  STOP
  END

```

Programa 3 (continuação)

```

SUBROUTINE PRIV(H,I,DS,AZ,NL,NC)
  DIMENSION NL(42),NC(42),IAZ1(18),JAZ1(18)
  DOUBLE PRECISION A1,P1,B1,B2,B3,T1,T2,C,C1,D,D1,F3,X1,X2,X3,X4,X5,
  *X6,X7,P1,P2,P3,P4,F5,P6,P7,AS,R4,R5,A,A1,A2,A3,B,AF,AM,AZ5(18),AZ1
  *(18),CAZ1(18),DAZ1(18),AZM(18),H(18),F(18),AZ(18,18),DS(18,18)
C  PROBLEMA INVERSO METODO DE SECANDO
  DATA PI/.31415926540+C1/
  DATA A/.63783880+C7/
  DATA B/.6256911946E+C7/
  AF=1.-(B/A)
  DO 24 K=1,42
    I=NL(K)
    J=NC(K)
    AL=H(J)-H(I)
    IF(F(I).NE.0.) GO TO 140
    B1=PI/2.
    GO TO 165
140 IF(F(I).NE.-(PI/2.)) GO TO 155
    B1=-PI/2.
    GO TO 165
155 T1=DTAN(F(I))*(1.-AF)
    B1=DATAN(T1)
165 IF(F(J).NE.0.) GO TO 180
    B2=PI/2.
    GO TO 230
180 IF(F(J).NE.-(PI/2.)) GO TO 195
    B2=-PI/2.
    GO TO 230
195 T2=DTAN(F(J))*(1.-AF)
    B2=DATAN(T2)
230 A1=DSIN(B1)*DSIN(B2)
    B3=DCOS(B1)*DCOS(B2)
    C1=A1+B3*DCOS(AL)
    D=(DSIN(AL)*DCOS(B2))*2+(DSIN(B2)*DCOS(B1)-DSIN(B1)*DCOS(B2)*DCOS
    *(AL))*2
    IF(DABS(AL).LT.PI) GO TO 275
    D1=-(DSQRT(D))
    F3=DATAN(D1/C1)+PI
    GO TO 305
275 D1=DSQRT(D)
    IF(C1.LT.0.) GO TO 295
    F3=DATAN(D1/C1)
    GO TO 305
295 F3=DATAN(D1/C1)+2.*PI
305 C=B3*DSIN(AL)/DSIN(F3)
    AM=1.-C**2
    X1=(1.+AF+AM**2)*F3
    P1=(AF+AM**2)*DSIN(F3)
    P2=(AF**2+F3**2)/(2.*DSIN(F3))
    X2=A1*(P1-P2)
    P1=(A1+AM**2)/2.
    P2=P1*F3
    P3=P1*DSIN(F3)*DCOS(F3)
    P4=(AF**2/2.)*F3**2/D1AN(F3)
    X3=AM*(-P2-P3+P4)
    P1=(F1**2/2.)*DSIN(F3)*DCOS(F3)
    X4=A1**2*(-P1)
    P1=AF**2/16.

```

Sub-rotina PRIV

```

P2=P1*F3
P3=P1*DSIN(F3)*DCCS(F3)
P4=(8.*P1*F3**2)/DTAN(F3)
P5=2.*P1*DSIN(F3)*ECCS(F3)**3
X5=AM**2*(P2+P3-P4-P5)
P1=AF**2/2.
P2=P1*F3**2/DSIN(F3)
P3=P1*DSIN(F3)*DCCS(F3)**2
X6=A1*AM*(P2+P3)
X7=X1+X2+X3+X4+X5+X6
AS=B*X7
P1=AF+AF**2
X1=P1*F3
P1=(AF**2/2.)*DSIN(F3)
P2=AF**2*F3**2/DSIN(F3)
X2=A1*(-P1-P2)
P1=(5.*AF**2/4.)*F3
P2=AF**2*DSIN(F3)*ECCS(F3)/4.
P3=AF**2*F3**2/DTAN(F3)
X3=AM*(-P1+P2+P3)
X4=X1+X2+X3
X5=C*X4
X7=X5+A1
P1=DSIN(B2)*DCCS(B1)
P2=DCOS(X7)*LSIN(B1)*ECCS(B2)
P3=DSIN(X7)*DCCS(B2)
R4=P1-P2
IF(R4.NE.0.)GO TO 101
IF(P3.GE.0.)GO TO 91
A2=3.*PI/2.
GO TO 116
91 A2=PI/2.
GO TO 116
101 X2=P3/R4
A2=ATAN(X2)
116 P4=DSIN(B2)*ECCS(B1)*ECCS(X7)
P5=DSIN(B1)*ECCS(B2)
P6=DSIN(X7)*ECCS(B1)
R5=P4-P5
IF(R5.NE.0.)GO TO 166
IF(P6.GE.0.)GO TO 156
A3=(3.*PI/2.)
GO TO 181
156 A3=PI/2.
GO TO 181
166 X3=P6/R5
A3=ATAN(X3)
181 IF(AL.GT.0.)GO TO 221
IF(X3.GE.0.)GO TO 196
A3=A3+PI
196 IF(X2.GE.0.)GO TO 211
A2=A2+2.*PI
GO TO 256
211 A2=A2+PI
GO TO 256
221 IF(X2.GE.0.)GO TO 231
A2=A2+PI
231 IF(X3.GT.0.)GO TO 246

```

Sub-rotina PRIV (continuação)


```

      A3=A3+2.*PI
      GO TO 256
246  A3=A3+PI
256  A2=A2+PI
      A3=A3+PI
      IF(A2.LT.(2.*PI)) GO TO 292
      A2=A2-(2.*PI)
292  IF(A3.LT.(2.*PI)) GO TO 285
      A3=A3-(2.*PI)
285  AZ(I,J)=A2
      AZ(J,I)=A3
      DS(I,J)=AS
      DS(J,I)=AS
24  CONTINUE
      DO 510 I=1,18
      DO 510 J=1,18
      IF(AZ(I,J).EQ.0) GO TO 510
      AZ1(J)=AZ(I,J)*180./PI
      IAZ1(J)=AZ1(J)
      CAZ1(J)=AZ1(J)-DFLCAT(IAZ1(J))
      AZM(J)=CAZ1(J)*60.
      JAZ1(J)=AZM(J)
      DAZ1(J)=AZM(J)-DFLCAT(JAZ1(J))
      AZS(J)=DAZ1(J)*60.
      WRITE(3,515)I,J,IAZ1(J),JAZ1(J),AZS(J)
515  FORMAT(15X,'AZIMUTIE(',I2,'-',I2,')=',I4,I3,F7.3)
510  CONTINUE
      RETURN
      END

```

Sub-rotina PRIV (continuação)

```

      SUBROUTINE SITE(C,TI,X,AA,XB,ITER)
      DOUBLE PRECISION SIGMA,XNORM,T,E1,T1,A1,V1,B1,H(46),Q(85),TI(85),Z
      *(85),U(46),C(46),B(46),X(46),R(46),S(46),D(46),Y(46),XB(46),AM(46,
      *46),AA(46,46),U(85,46),AT(46,85)
C      CONJUGADOS ITERATIVAMENTE
C      RESOLVE O SISTEMA DE EQUACOES NORMAIS PELO METODO DOS GRADIENTES
      M=85
      N=46
      EPS=0.0000001
      CALL GGGR(C,AT,M,N)
      CALL GGGR(AT,D,AA,N,M,N)
      DO 28 I=1,N
        XB(I)=0
        DO 28 J=1,M
          XB(I)=XB(I)+AT(I,J)*TI(J)
28      CONTINUE
        SIGMA=0.0
        DO 40 I=1,N
          SIGMA=SIGMA+XB(I)**2
40      XNORM=DSQRT(SIGMA)
          T=1/XNORM
          DO 22 I=1,N
            B(I)=XB(I)/DSQRT(AA(I,I))
22      CONTINUE
          DO 50 I=1,N
            B(I)=I*B(I)
50      DO 30 I=1,N
              DO 30 J=1,N
                AM(I,J)=AA(I,J)/DSQRT(AA(I,I)*AA(J,J))
30      CONTINUE
          DO 60 I4=1,N
            Y(I4)=0
60      DO 80 I=1,N
              C(I)=0
              DO 70 J=1,N
                C(I)=C(I)+AM(I,J)*Y(J)
70      CONTINUE
          R(I)=B(I)+C(I)
          H(I)=-R(I)
          S(I)=R(I)
          U(I)=R(I)
80      CONTINUE
          ITER=0
          DO 50 ITER=ITER+1
            E1=0
            T1=0
            DO 110 I=1,N
              D(I)=0
              DO 100 J=1,N
                D(I)=D(I)+AM(I,J)*H(J)
100      CONTINUE
            T1=T1+S(I)*H(I)
            E1=E1+U(I)*D(I)
110      CONTINUE
            A1=-(T1/E1)
            DO 120 I=1,N
              Y(I)=Y(I)+A1*H(I)
              R(I)=R(I)+A1*D(I)

```

Sub-rotina SITE

```

      S(I)=F(I)
120  CONTINUE
      V1=0
      DO 130 I=1,N
      V1=V1+S(I)*C(I)
120  CONTINUE
      B1=V1/E1
      DO 140 I=1,N
      P(I)=-R(I)+B1*H(I)
      U(I)=H(I)
140  CONTINUE
      DO 150 I=1,N
      IF (DABS(R(I))-EPS) 150,150,90
150  CONTINUE
      DO 170 I=1,N
      X(I)=XNCRM*Y(I)/ESCRT(AA(I,I))
170  CONTINUE
      RETURN
      END

```

Sub-rotina SITE (continuação)

```

SUBROUTINE COEF(H,F,DS,AZ,A,NP1,NP2,NC1,NC2)
DIMENSION NP1(84),NP2(84),NC1(84),NC2(84)
DOUBLE PRECISION AM1,AM2,E2,AC,AA,BB,CC,DD,H(18),F(18),A(85,48),AZ
*(18,18),DS(18,18),AX1,AX2,AY1,AX3,AY2
C  CALCULO DOS COEFICIENTES DA MATRIZ A
AO=.6378388D+07
E2=.006722670D+00
DO 20 N=1,84
  I=NP1(N)
  J=NP2(N)
  L=NC1(N)
  K=NC2(N)
  AM1=(AO*(1-E2))/DSQRT((1-E2*DSIN(F(I))**2)**3)
  AM2=(AO*(1-E2))/DSQRT((1-E2*DSIN(F(J))**2)**3)
  AN1=AO/DSQRT(1-E2*DSIN(F(J))**2)
  AA=AM1*DSIN(AZ(I,J))/DS(I,J)
  BB=+(AN1*DCOS(F(J))*DCOS(AZ(J,I))/DS(I,J))
  CC=AM2*DSIN(AZ(J,I))/DS(I,J)
  DD=-BB
  IF(I.EQ.1)GO TO 11
  IF(I.EQ.2)GO TO 11
  IF(J.EQ.1)GO TO 12
  IF(J.EQ.2)GO TO 12
  IF(I-J)13,13,14
11 A(N,L)=CC
  L=L+1
  A(N,L)=DD
  GO TO 20
12 A(N,L)=AA
  L=L+1
  A(N,L)=BB
  L=L+1
  A(N,L)=-1.
  GO TO 20
13 A(N,L)=AA
  L=L+1
  A(N,L)=BB
  L=L+1
  A(N,L)=-1.
  L=K
  A(N,L)=CC
  L=L+1
  A(N,L)=DD
  GO TO 20
14 A(N,L)=AA
  L=L+1
  A(N,L)=BB
  L=L+1
  A(N,L)=-1.
  L=K
  A(N,L)=CC
  L=L+1
  A(N,L)=DD
20 CONTINUE
  AX1=(AO*(1-E2))/DSQRT((1-E2*DSIN(F(18))**2)**3)
  AX2=(AO*(1-E2))/DSQRT((1-E2*DSIN(F(14))**2)**3)
  AY1=AO/DSQRT(1-E2*DSIN(F(14))**2)
  A(85,46)=AX1*DSIN(AZ(18,14))/DS(18,14)
  A(85,47)=+(AY1*DCOS(F(14))*DCOS(AZ(14,18))/DS(18,14))-DSIN(F(18))
1)
  A(85,34)=AX2*DSIN(AZ(14,18))/DS(18,14)
  A(85,35)=-(AY1*DCOS(F(14))*DCOS(AZ(14,18))/DS(18,14))
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE TEID(AZ,C,TI,ZO,AC,Z,DS)
DIMENSION IAZI(18),JAZI(18)
DOUBLE PRECISION RE,AZK,AZ(18,18),D(18,18),ZO(18,18),Z(18),AO(18,1
*8),IL(18,18),TI(85,1),DR(18,18),DV(18,18),DE(18,18),DS(18,18),ACK,
*CAZI(18),CAZI(18),AZM(18),AZI(18),AZS(18),PI
C  CALCULO DO TERMO CONSTANTE DAS EQUACOES DE OBSERVACAO
DATA PI/.31415926540+01/
RD=.31415926540+01/.1800+03
AZK=.658080250+02
DO 17 I=1,18
DO 17 J=1,18
17 DR(I,J)=AZ(I,J)/RD
TI(85,1)=(DR(18,14)-AZK)*.360+4
DO 12 I=1,18
DO 12 J=1,18
DE(I,J)=C(I,J)
12 DV(I,J)=DR(I,J)
DV(1,2)=0.1025(117990+03
DV(2,1)=0.28257472140+03
DE(2,1)=0.19607258(60+03
DV(14,18)=0.245852(83230+03
DV(18,14)=0.658080250+02
DE(14,18)=0.249669(8060+03
CALL GSUBT(DV,DE,ZC,18,18)
I=1
34 J=1
K=0.
Z(I)=0.
36 IF(ZO(I,J)-0.)31,35,37
35 J=J+1
IF(J-18)36,36,38
31 ZC(I,J)=360.-(DABS(ZC(I,J)))
27 K=K+1
Z(I)=Z(I)+ZC(I,J)
J=J+1
IF(J-18)36,36,38
38 Z(I)=Z(I)/K
I=I+1
IF(I-18)34,34,45
45 K=1
I=1
61 J=1
60 AO(I,J)=0.
IF(DR(I,J))50,50,55
55 AO(I,J)=C(I,J)+Z(K)
IF(AO(I,J)-360.)50,50,53
53 AO(I,J)=AO(I,J)-360.
50 J=J+1
IF(J-18)60,60,65
65 I=I+1
K=K+1
IF(J-18)61,61,70
70 CALL GSUBT(DR,AO,TL,18,18)
K=1
I=1
J=1
85 IF(DABS(TL(I,J)-0.))75,75,80
80 TI(K,1)=TL(I,J)*(.360+4)
K=K+1
75 J=J+1
IF(J-18)85,85,90
90 I=I+1
IF(I-18)95,95,100

```

Sub-rotina TEID

```

55 J=1.
GO TO 85
100 DO 510 I=1,18
DO 510 J=1,18
IF(AD(I,J).EQ.0) GO TO 510
AZ1(J)=AC(I,J)
IAZ1(J)=AZ1(J)
CAZ1(J)=AZ1(J)-DFLCAT(IAZ1(J))
AZM(J)=CAZ1(J)*60.
JAZ1(J)=AZM(J)
DAZ1(J)=AZM(J)-DFLCAT(JAZ1(J))
AZS(J)=CAZ1(J)*60.
WRITE(3,515)I,J,IAZ1(J),JAZ1(J),AZS(J)
515 FORMAT(15X,'AZIMUTE(',I2,'-',I2,')=',I4,I3,F7.3)
510 CONTINUE
RETURN
END

```

Sub-rotina TEID (continuação)

```

SUBROUTINE MMMV(A,N,D,L,M)
DIMENSION A(1),L(1),M(1)
DOUBLE PRECISION A,D,BIGA,HOLD
C INVERSAO DE MATRIZ METODO DE GAUSS JORDAN
D=1.0
NK=-N
DO 10 K=1,N
NK=NK+N
L(K)=K
M(K)=K
KK=NK+K
BICA=A(KK)
DO 20 J=K,N
IZ=N*(J-1)
DO 20 I=K,N
IJ=IZ+I
IF(DABS(BIGA)-DABS(A(IJ)))15,20,20
15 BIGA=A(IJ)
L(K)=I
M(K)=J
20 CONTINUE
J=L(K)
IF(J-K)35,35,25
25 KI=K-N
DO 30 I=1,N
KI=KI+N
HOLD=-A(KI)
JI=KI-K+J
A(KI)=A(JI)
30 A(JI)=HOLD
35 I=M(K)
IF(I-K)45,45,38
38 JP=N*(I-1)
DO 40 J=1,N
JK=NK+J
JI=JP+J
HOLD=-A(JK)
A(JK)=A(JI)
40 A(JI)=HOLD
45 IF(BIGA)48,46,48
46 D=0.0
RETURN
48 DO 55 I=1,N
IF(I-K)50,55,50
50 IK=NK+I
A(IK)=A(IK)/(-BIGA)
55 CONTINUE
DO 65 I=1,N
IK=NK+I
HOLD=A(IK)
IJ=I-N
DO 65 J=1,N
IJ=IJ+N
IF(I-K)60,65,60
60 IF(J-K)62,65,62

```

Sub-rotina MMMV

```

62 KJ=IJ-I+K
   A(IJ)=HOLD*A(KJ)+A(IJ)
65 CONTINUE

      KJ=K-N
      DO 75 J=1,N
      KJ=KJ+N
      IF(J-K)70,75,70
70  A(KJ)=A(KJ)/BIGA
75  CONTINUE
      D=C*BIGA
      A(KK)=1.0/BIGA
80  CONTINUE
      K=N
100  K=(K-1)
      IF(K)150,150,105
105  I=L(K)
      IF(I-K)120,120,108
108  JO=N*(K-1)
      JR=N*(I-1)
      DO 110 J=1,N
      JK=JO+J
      HOLD=A(JK)
      JI=JR+J
      A(JK)=-A(JI)
110  A(JI)=HOLD
120  J=M(K)
      IF(J-K)100,100,125
125  KI=K-N
      DO 130 I=1,N
      KI=KI+N
      HOLD=A(KI)
      JI=KI-K+J
      A(KI)=-A(JI)
130  A(JI)=HOLD
      GO TO 100
150  RETURN
      END

```

Sub-rotina MMMV (continuação)


```

SUBROUTINE GGGRA(A,R,N,M)
DOUBLE PRECISION A(1),R(1)
C TRANSPOSICAO DE MATRIZ
IR=0
DO 10 I=1,N
IJ=I-N
DO 10 J=1,M
IJ=IJ+N
IR=IR+1
10 R(IR)=A(IJ)
RETURN
END

```

Sub-rotina GGGRA

```

SUBROUTINE SSSY(A,C,R,N,M,MS)
DOUBLE PRECISION A(1),R(1),C
C MULTIPLICA UMA MATRIZ POR UM ESCALAR
CALL LLC(N,M,IT,N,M,MS)
DO 1 I = 1, IT
1 R(I) = A(I) * C
RETURN
END

```

Sub-rotina SSSY

```

SUBROUTINE GSUBT(AZ,B,R,N,M)
DOUBLE PRECISION AZ(1),B(1),R(1)
C SUBTRACAO DE DUAS MATRIZES
NM=N*M
DO 10 I=1,NM
10 R(I)=AZ(I)-B(I)
RETURN
END

```

Sub-rotina GSUBT

```

SUBROUTINE GGGRD(A,B,R,N,M,L)
DOUBLE PRECISION A(1),B(1),R(1)
C   PRODUTO DE DUAS MATRIZES
IR=0
IK=-M
DO 10 K=1,L
IK=IK+M
DO 10 J=1,N
IR=IR+1
JI=J-N
IB=IK
R(IR)=0.0
DO 10 I=1,M
JI=JI+N
IB=IB+1
10 R(IR)=R(IR)+A(JI)*B(IB)
RETURN
END

```

Sub-rotina GGGRD

IV 260N-FC-479 3-8

LLC

```

SUBROUTINE LLC(I,J,IR,N,M,MS)
C   LOCALIZACAO DE UMA MATRIZ
IX=I
JX=J
IF(MS-1)10,20,30
10 IRX=N*(JX-1)+IX
GO TO 36
20 IF(IX-JX)22,24,24
22 IRX=IX+(JX*JX-JX)/2
GO TO 36
24 IRX=JX+(IX*IX-IX)/2
GO TO 36
30 IRX=0
IF(IX-JX)36,32,36
32 IRX=IX
36 IR=IRX
RETURN
END

```

Sub-rotina LLC

APÊNDICE E

CÁLCULO DEFINITIVO DOS TRIÂNGULOS

ESTAÇÃO	ÂNGULOS	VÉRTICE	ÂNGULOS OBSERVADOS AJUSTADOS			ÂNGULOS AJUSTADOS PLANOS (")	DISTÂNCIA (m)
NOME			o	'	"		
São João São Pedro Porteirinha	-1+3 -7+8 -9+10	01 02 03 1-2 1-3 2-3	72 44 62	46 25 47	53,397 47,521 20,890 <u>1,808</u>	52,795 46,918 20,287 <u>120.</u>	30709,7346 24173,12563 32983,75073
São João Porteirinha Passa Três	-6+7 -10+11 -12+14	02 03 04 2-4 3-4	41 40 98	28 12 19	34,351 14,069 12,779 <u>1,199</u>	33,951 13,669 12,380 <u>60.</u>	21517,75779 22077,75367
São João Porteirinha Passa Três	-2+3 -9+11 -12+13	01 03 04	36 102 40	26 59 34	22,337 34,959 04,03 <u>1,326</u>	21,895 34,517 03,588 <u>60.</u>	
São João São Pedro Passa Três	-1+2 -6+8 -12+13	01 02 04 1-4 2-4	36 85 57	20 54 45	31,06 21,872 08,749 <u>1,681</u>	30,5 21,312 08,188 <u>60.</u>	36218,03666 21517,75779
São Pedro Passa Três Serrinha	-4+6 -14+15 -28+29	02 04 06 2-6 4-6	110 35 34	09 43 06	57,768 28,722 33,665 <u>1,155</u>	57,383 28,337 34,28 <u>120.</u>	22404,60970 36019,11826
Passa Três Tomé Serrinha	-15+16 -17+18 -27+28	04 05 06	29 106 44	02 01 56	14,834 02,807 43,539 <u>1,180</u>	14,441 02,413 43,146 <u>60.</u>	
São Pedro Passa Três Tomé	-5+6 -14+16 -17+18	02 04 05 2-5 4-5	66 64 48	51 45 22	59,725 43,556 18,033 <u>1,314</u>	59,287 43,118 17,595 <u>120.</u>	26039,58333 26472,76160
São Pedro Tomé Serrinha	-4+5 -18+19 -27+29	02 05 06 5-6	43 57 79	17 38 03	58,043 44,774 18,204 <u>1,020</u>	57,703 44,434 17,863 <u>120.</u>	18189,07662

Cálculo definitivo dos triângulos

ESTAÇÃO	ÂNGULOS	VÉRTI- CE	ÂNGULOS OBSERVA- DOS AJUSTADOS			ÂNGULOS AJUSTADOS PLANOS (")	DISTÂNCIA (m)
NOME			o	'	"		
Tomé Serrinha Jenipapo	-19+20 -25+27 -31+32	05 06 07	43	01	35,871	35,526 44,095 40,379 <u>120.</u>	32732,53936 23060,33173
		5-7 6-7			1,036		
Tomé Jenipapo Europa	-20+21 -30+31 -36+38	05 07 08	40	22	37,106	36,559 03,356 20,085 <u>60.</u>	30358,13939 21886,87090
		5-8 7-8			1,642		
Serrinha Jenipapo Europa	-25+26 -30+32 -37+38	06 07 08	40	24	05,279	04,853 44,200 10,947 <u>60.</u>	
					1,279		
Tomé Europa Nortelândia	-24+23 -35+36 -39+40	05 08 09	49	51	08,142	07,749 56,882 55,369 <u>120.</u>	19952,34248 23208,34027
		5-9 8-9			1,180		
Europa Nortelândia Pontinha	-33+35 -40+41 -53+55	08 09 11	57	17	41,634	41,103 12,655 06,242 <u>60.</u>	27569,15553
		9-11			1,594		
Tomé Serrinha Europa	-19+21 -26+27 -36+37	05 06 08	83	24	12,977	12,510 38,696 08,794 <u>60.</u>	33549,84689
		6-8			1,399		
Nortelândia Espia Pontinha	-41+42 -44+46 -52+53	09 10 11	87	04	45,464	44,969 00,871 14,160 <u>60.</u>	
					1,487		
Tomé Nortelândia Espia	-23+24 -42+39 -43+44	05 09 10	38	09	14,740	14,395 05,241 40,364 <u>60.</u>	21177,21362
		9-10			1,035		
Tomé Europa Pontinha	-21+22 -33+36 -54+55	05 08 11	42	06	49,418	48,601 38,093 33,306 <u>120.</u>	47208,57200
		5-11			2,450		

Cálculo definitivo dos triângulos (continuação)

ESTAÇÃO	ÂNGULOS	VÉRTECE	ÂNGULOS OBSERVA DOS AJUSTADOS	ÂNGULOS AJUSTADOS PLANOS (")	DISTÂNCIA (m)
NOME			o ' "		
Tomé Espia Pontinha	-22+24 -43+46 -52+54	05 10 11	45 53 34,464 89 54 42,076 44 11 47,306 <u>2,846</u>	32,515 41,128 46,357 <u>120.</u>	
Tomé Europa Espia	-21+24 -34+36 -43+45	05 08 10 5-10 8-10	88 00 22,882 48 23 18,899 43 36 20,765 <u>2,546</u>	22,034 18,050 19,916 <u>60.</u>	32909,96917 43990,46332
Europa Espia Pontinha	-33+34 -45+46 -52+55	08 10 11 8-11 10-11	49 59 20,010 46 18 21,311 83 42 21,429 <u>2,750</u>	19,093 20,394 20,513 <u>60.</u>	31999,56268 33897,37946
Tomé Nortelândia Pontinha	-22+23 -39+41 -53+54	05 09 11	07 44 18,724 166 40 08,950 05 35 32,650 <u>0,324</u>	18,616 08,842 32,542 <u>60.</u>	
Europa Nortelândia Espia	-34+35 -40+42 -44+45	08 09 10	07 18 21,624 164 40 58,651 08 00 40,056 <u>0,331</u>	21,514 58,540 39,946 <u>120.</u>	
Espia Pontinha Estiva	-46+47 -51+52 -56+59	10 11 12 11-12 10-12	34 01 20,625 14 18 10,968 131 40 28,949 <u>0,542</u>	20,444 10,787 28,769 <u>60.</u>	25392,03555 11211,64072
Pontinha Estiva Santana	-49+51 -56+57 -63+64	11 12 13 12-13	40 18 51,477 51 42 54,794 87 58 14,565 <u>0,836</u>	51,198 54,515 14,287 <u>120.</u>	16438,47003
Estiva Santana Dourado	-57+58 -62+63 -66+68	12 13 14	93 07 31,947 37 25 00,647 49 27 27,955 <u>0,549</u>	31,764 00,464 27,772 <u>60.</u>	
Espia Pontinha Dourado	-46+48 -50+52 -65+67	10 11 14 11-14 10-14	87 21 37,457 26 07 56,221 66 30 27,727 <u>1,405</u>	36,988 55,753 27,259 <u>120.</u>	36921,75221 16279,20380

Cálculo definitivo dos triângulos (continuação)

ESTAÇÃO	ÂNGULOS	VÉRTICE	ÂNGULOS OBSERVA DOS AJUSTADOS			ÂNGULOS AJUSTADOS PLANOS (")	DISTÂNCIA (m)
NOME			o "				
Pontinha Santana Dourado	-49+50 -62+64 -67+68	11 13 14 13-14 11-13	28 125 26	29 23 07	06,224 15,212 39,460 <u>1,896</u>	05,925 14,914 39,161 <u>60.</u>	21599,43011 19943,79076
Pontinha Estiva Dourado	-50+51 -56+58 -66+67	11 12 14	11 144 23	49 50 19	45,253 26,741 48,495 <u>0,489</u>	45,090 26,578 48,332 <u>120.</u>	
Espia Estiva Dourado	-47+48 -58+59 -65+66	10 12 14	53 83 43	20 29 10	16,832 04,31 39,232 <u>0,374</u>	16,707 04,186 39,107 <u>60.</u>	
Santana Dourado Catingueiro	-61+62 -68+70 -78+79	13 14 16 13-16	43 78 58	21 11 27	23,762 07,881 29,295 <u>0,938</u>	23,449 07,569 28,982 <u>60.</u>	24806,88893
Santana Peixe Catingueiro	-60+61 -73+75 -79+80	13 15 16	25 112 42	34 22 03	48,935 08,014 03,542 <u>0,491</u>	48,771 07,851 03,378 <u>60.</u>	
Santana Dourado Peixe	-60+62 -68+69 -74+75	13 14 15 14-15 13-15	68 47 63	56 54 08	12,697 55,174 53,052 <u>0,923</u>	12,390 54,866 52,744 <u>120.</u>	22592,23349 17967,42390
Dourado Peixe Catingueiro	-69+70 -73+74 -78+80	14 15 16 15-16 14-16	30 49 100	16 13 30	12,707 14,962 32,837 <u>0,505</u>	12,538 14,793 32,669 <u>60.</u>	11582,52681 17399,41809
Dourado Catingueiro Lages	-70+71 -76+78 -82+83	14 16 17 14-17 16-17	32 117 30	22 16 20	32,193 33,66 54,873 <u>0,726</u>	31,951 33,418 54,631 <u>120.</u>	30607,64642 18439,67764
Dourado Lages Urucá	-71+72 -81+82 -84+86	14 17 18 14-18	46 43 90	28 04 27	24,864 10,269 26,05 <u>1,183</u>	24,47 09,875 25,655 <u>60.</u>	20902,13216

Cálculo definitivo dos triângulos (continuação)

ESTAÇÃO	ÂNGULOS	VÉRTICE	ÂNGULOS OBSERVA DOS AJUSTADOS	ÂNGULOS AJUSTADOS PLANOS (")	DISTÂNCIA (m)
NOME					
Dourado	-70+72	14	78 50 57,057	56,754	
Catingueiro	-77+78	16	56 55 22,272	21,969	
Uruaçu	-84+85	18	44 13 41,580	41,277	
			0,909	120.	
		16-18			24473,86664
		14-18			20902,13216
Catingueiro	-76+77	16	60 21 11,388	11,055	
Lages	-81+83	17	73 25 05,142	04,808	
Uruaçu	-85+86	18	46 13 44,470	44,137	
			1,000	60.	
		17-18			22192,94826

Cálculo definitivo dos triângulos (continuação)

NOTAS DE REFERÊNCIAS

- |01| GEMAEL, C. Aplicações do cálculo matricial em geodésia; 2ª parte: ajustamento de observações. Curitiba, UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1974. p.32-39.
- |02| POPE, A. J. Some pitfalls to be avoided in the interactive adjustment of nonlinear problems; National Ocean Survey Geodetic Research e Development Laboratory-Rockville, md. 20852. p. 452-459.
- |03| GEMAEL, C. Introdução à Geodésia Geométrica; Curitiba, UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1975. p. 146-153.
- |04| REYNOLDS, F. W. Manual of triangulation computation and adjustment; Departament of Commerce U.S. Cost and Geodetic Survey, 1934. p. 34-37.
- |05| GEMAEL, C. p. 148.
- |06| REYNOLDS, p. 59.
- |07| DALMOLIN, Q. Ajustamento de observações pelo processo iterativo, Curitiba, UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1976. p. 29.
- |08| GEMAEL, C. Geodésia - tabelas e formulários, Curitiba, UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1974. p.128.
- |09| GEMAEL, C. p. 187-192.
- |10| Ibid., p. 149-150.
- |11| DALMOLIN, p. 30.
- |12| Ibid., p. 32-33.

- |13| GEMAEL, C. p. 68-77.
- |14| DALMOLIN, p. 31-32.
- |15| ADAMS, S. O. Application of the theory of lest squares to the adjustament of triangulation, Departament of Commerce, U.S. Coast and Geodetic Survey, 1915. p. 32-38.
- |16| DALMOLIN, p. 31-34.
- |17| GEMAEL, C., p. 32-39.
- |18| DALMOLIN, p. 46-48.
- |19| RAPP, H. R. Observation Equations on the Ellipsôid; Departament of Geodetic Science, The Ohio State University, 1967.
- |20| ASHKENAZI, V. & PHIL, D. Solution and Error Analysis of large Geodetic Networks; Departament of Civil Engineering, University of Nottingham, 1968. p. 166-168.
- |21| GEMAEL, C. Ajustamento: Variação de Coordenadas; Curitiba , UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1976. p. 09-10.
- |22| BOMFORD, G. Geodesy; University Oxford Press, Third dition, 1975. p. 142-161.
- |23| ABREU, L. F. Compensação pelo método de variação de coordenadas, D. S. G. nº 06, Rio de Janeiro, 1957. p. 21-34.
- |24| GEMAEL, C. Ajustamento: variação de coordenadas; Curitiba, UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1976. p. 11-12.
- |25| RAPP, H. R., p. 41-46.
- |26| WANDRESEN, R. Métodos Iterativos para a solução de sistemas de Equações normais; Dissertação, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1980. p. 100-164.

[27] Ibid, p. 197-198.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L. F. Compensação pelo método de variação de coordenadas. D. S. G. nº 06, Rio de Janeiro, 1957. 242 p.
- ADAMS, S. O. Application of the theory of least squares to the adjustment of triangulation, Departament of Commerce, U. S. Coast and Geodetic Survey, 1915. 220 p.
- ASHKENAZI, V. & PHIL, D. Solution and Error Analysis of large Geodetic Networks; Departament of Civil Engineering, University of Nottingham, 1968. 205 p.
- BOMFORD, G. Geodesy; University Oxford Press, Third edition, 1975. 610 p.
- DALMOLIN, Q. Ajustamento de observações pelo processo iterativo, Curitiba, UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1976. 96 p.
- GEMAEL, C. Ajustamento: Variação de Coordenadas; Curitiba, UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1976. 50 p.
- _____. Aplicações do cálculo matricial em geodésia; 2ª parte: ajustamento de observações. Curitiba, UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1974. 103 p.
- _____. Geodésia - tabelas e formulários; Curitiba, UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1974. 141 p.
- _____. Introdução à Geodésia Geométrica; Curitiba, UFPr, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1975. 266 p.
- POPE, A. J. Some pitfalls to be avoided in the interative adjustment of noulinear problems; National Ocean Survey Geodetic Research e Development Laboratory-Rockville, md. 20852. 477 p.
- RAPP, H. R. Observation Equations on the Ellipsóid; Departament of Geodetic Science, The Ohio State University, 1967. 77 p.

REYNOLDS, F. W. Manual of triangulation computation and adjustment; Departament of Commerce U. S. Cost and Geodetic Survey , 1934. 242 p.

WANDRESEN, R. Métodos Iterativos para a solução de sistemas de Equações Normais; Dissertação, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1980. 214 p.